

REMARKS

This Amendment is filed in response to the non-final Office Action dated August 6, 2008, and is respectfully submitted to be fully responsive to the rejections raised therein. Accordingly, favorable reconsideration on the merits and allowance are respectfully requested.

In the present Amendment, claims 1, 6 and 7 have been modified to recite features of the ceramic honeycomb filter.

Specifically, claim 1 has been amended to recite that the ceramic honeycomb filter has porous cell walls comprising a first and second ceramic honeycomb structures, wherein the cell wall thickness and the cell wall pitch of said first honeycomb structure is the same with those of said second honeycomb structure, respectively. Furthermore, claim 1 was amended to recite that the plugs are formed at the downstream end of said first ceramic honeycomb structure positioned on an upstream side of an exhaust gas path.

Claim 6 was amended by changing "pluralities" to ---a first and second--- and by further defining "one end" with respect to the plugs.

Support for the amendments to claims 1 and 6 can be found in the specification on page 5, line 26 to page 6, line 2; and page 21, line 16 in view of Figure 11(b) and page 16, lines 18-20, for example.

Specifically, in the amendment of claim 7, the phraseology "pluralities of" has been replaced with the term ---a first and second---. Additionally, the recitation ---said first and second ceramic honeycomb structures being abutted to each other at cut ends, so that they are bonded to each other via plugs formed at the cut ends in the direction of the flow paths--- replaces the phrase "abutting the ends of the cut ceramic honeycomb structures, such that at least part of plugs in said ceramic honeycomb structures at ends are abutted to each other".

Support for the amendment to claim 7 can be found in the specification at page 6, lines 22-25, for example.

Claims 2, 4 and 8 were amended to improve their form by amending the language to be consistent with the base claim.

No new matter has been added. Entry of the Amendment is respectfully submitted to be proper. Upon entry of the Amendment, claims 1-8 will be all the claims pending in the application.

Formalities

Applicants appreciate the Examiner indicating the drawings are acceptable, acknowledging receipt of certified copies of the priority documents (there is one priority document) and returning one initialed PTO/SB/08.

Information Disclosure Statement

At paragraph 1 on page 2 of the Office Action, it has been indicated that Applicants' Information Disclosure Statement (IDS) filed January 13, 2006 fails to comply with 37 C.F.R. § 1.98(a)(2). The Examiner advises that the references have been placed in the file, but they have not been considered.

Applicants respectfully request reconsideration of the IDS filed January 13, 2006 and request that the IDS be considered and a signed copy be provided to Applicants in the next Office Action for the following reasons. The references to which the Examiner refers to are the eight foreign patent references listed on the Form SB08 submitted with Applicants' IDS. In compliance with a concise explanation requirement under 37 C.F.R. § 1.98:

1. JP 2004-108331 was submitted with an English language abstract;

2. JP 59-126022 was submitted with an English language abstract;
3. JP 59-028010 was submitted with an English language abstract;
4. JP 04-53211 was submitted with an English language abstract;
5. JP 2002-306915 correlates to its English equivalent, U.S. 2002/0108360;
6. JP 2002-060279 correlates to its English equivalent, U.S. 2003/0053940;
7. EP 1 231 363 correlates to its English equivalent, U.S. 2002/0108360; and
8. EP 0 291 061 correlates to its English equivalent, U.S. 2003/0053940.

For the sake of convenience, Applicants attach herewith an additional copy the English language abstracts for documents 1-4 and a copy of foreign documents 5-8. Accordingly, consideration of the IDS as filed on January 13, 2006 is respectfully requested.

The Prior Art

The relevant prior art documents are U.S. 7,090,714 B2 to Otsubo *et al* (Otsubo '714) and U.S. 2004/0065068 A1 to Otsubo *et al* (Otsubo '068).

The Rejections

Claims 1-5 are rejected under 35 U.S.C. § 102(e) as anticipated by Otsubo '714.
Paragraph 3 of the Action.

Claims 6-8 are rejected under 35 U.S.C. § 102(e) as anticipated by Otsubo '714.
Paragraph 4 of the Action.

Claims 1-5 are rejected under 35 U.S.C. § 102(a) as being anticipated by Otsubo '068.
Paragraph 5 of the Action.

Claims 6-8 are rejected under 35 U.S.C. § 102(a) as anticipated by Otsubo '068.
Paragraph 6 of the Action.

Claims 1, 2 and 4 are rejected on the ground of nonstatutory obviousness-type double patenting as being assertedly unpatentable over claims 1-6 of Otsubo '714. The obviousness-type double patenting rejection is later discussed.

Applicants respectfully traverse and request reconsideration and withdrawal of these rejections in view of the amendments to the claims and further in view of the following remarks.

The Examiner's position is set forth in the Action and will not be repeated here except as necessary to an understanding of Applicants' traversal which is now presented.

Traversal

As an initial matter, Otsubo '714 is the patent which matured from Otsubo '068. Both Otsubo '714 and Otsubo '068 are based on Application No. 10/461,419 and contain identical specifications. Thus, Applicants discuss only Otsubo '714.

In the present invention, plugs formed at one end of at least one honeycomb structure 11 are bonded to at least part of plugs formed at one end of a honeycomb structure 12 adjacent to the end of honeycomb structure 11. See page 5, lines 22-25 of the specification.

Claim 1, as amended, is directed to a ceramic honeycomb filter having porous cell walls comprising a first and a second ceramic honeycomb structures each having large numbers of

flow paths partitioned by cell walls, which are bonded in the direction of said flow paths, predetermined flow paths being sealed by plugs, plugs formed at the downstream end of said first ceramic honeycomb structure positioned on an upstream side of an exhaust gas path being bonded to at least part of plugs formed at the upstream end of said second honeycomb structure adjacent to said end of this honeycomb structure, and a cell wall thickness and a cell wall pitch of said first honeycomb structure being same with those of said second honeycomb structure, respectively.

As shown in Fig. 2 of the present specification, the first ceramic honeycomb structure 11 with desired portions of flow paths sealed by plugs at one end and the second ceramic honeycomb structure 12 with desired portions of flow paths sealed by plugs at both ends are integrally bonded with plugs 21, 22 abutted to each other, such that the first ceramic honeycomb structure 11 is on the upstream side. See page 11, lines 4-9 and Fig. 2 of the specification.

In contrast, Otsubo '714 discloses a ceramic honeycomb filter comprising a plurality of honeycomb structures bonded with the flow paths in communication with each other, wherein desired flow paths on an exhaust gas inlet side and an exhaust gas outlet side are sealed by plugs. The plugs on the exhaust gas inlet side are disposed at positions inside the filter separate from an inlet end surface of said filter and the adjacent honeycomb structures are bonded to each other via a bonding layer formed near an outer peripheral wall of the filter. See claim 1 of Otsubo '714.

Particularly, the Otsubo '714 patent shows, in Figs. 7(a)-(f), a first honeycomb structure 11 and a second honeycomb structure 12 having plugs formed on both of exhaust gas-introducing and -exiting sides are bonded to each other in the flow path direction via a bonding

layer (19a) on their flow path end surfaces, where plugs 18a are formed only exhaust gas-introducing sides of the second honeycomb structure 12 adjacent to the honeycomb structure 11 to be bonded thereto having no end plugs in the flow path direction. See column 6, lines 4853 and Fig. 7 of Otsubo '714. This distinguishes from the present claims, which recite that the plugs formed at the downstream end of the first ceramic honeycomb structure positioned on an upstream side of an exhaust gas path, is bonded to at least part of plugs formed at the upstream end of the second honeycomb structure adjacent to said end of this honeycomb structure.

With respect to Figs. 7(d)-(f) of Otsubo '714, these figures respectively show an embodiment in which honeycomb structures 11, 12 are bonded to each other via a bonding layer 19a abutting their outer walls 15 in a way such that bonding members 19b are inserted into opposing flow paths (Fig. 7(d)); a bonding layer 19a is formed on a periphery and integrally forming outer walls 15 on both honeycomb structures 11, 12 (Fig. 7(e)) ; and both ends of flow paths in a peripheral portion sealed are bonded to each other via a bonding layer 19a in a peripheral portion, by integrally forming outer walls 15 on both honeycomb structures 11, 12 (Fig. 7(f)). See column 7, lines 1-13 of Otsubo '714.

Specifically, as shown in Figs. 8(a) and 8(b), the bonding layer 19a is formed radially in a range 2-10 mm from the outer wall 15 on bonding surface of the honeycomb structures 11, 12 for bonding the honeycomb structures 11, 12 to each other, and the outer wall 15 is integrally formed and common to all honeycomb structures 11, 12, whereby as shown, e.g., in Fig. 8(b) corresponding to the honeycomb structure 11 as shown in Fig. 1(b), a gap 20 corresponding to the thickness of the bonding layer 19a is provided.

Namely, the gap 20 is preferably 3 mm or less, further preferably 1/2 or less of the cell pitch of the honeycomb structure. See Otsubo '714 at column 8, line 58 to column 9, line 2.

It is clear from Figs. 8(a) to 8(c) and the description at column 9 of Otsubo '714 that gap (20) formed between the end surfaces of cell walls in center portions of the honeycomb structures end surface plays an important role in regulating the particulates-capturing rate. See column 9, lines 2-33 of Otsubo '714.

The features of Otsubo '714 are completely different from the present invention because Otsubo '714 does not teach or suggest that both end sides of plugs of the first and second honeycomb structures (11) and (12) are integrally bonded with plugs (21) and (22) abutted to each other, such that the first ceramic honeycomb structure (11) is on the upstream side, as recited in amended claim 1.

The present method claims 6-8 also distinguish over the art. With respect to method claims 6-8, the Examiner states in paragraph 4 of the Office Action, that Otsubo '714 discloses a method involving:

“cutting monolithic ceramic honeycomb structure substantially perpendicular to said flow paths to form pluralities of ceramic honeycomb structures, abutting the ends of the cut ceramic honeycomb structures, such that at least part of plugs in said ceramic honeycomb structures at ends are abutted to each other, wherein at least part of plugs formed at one end of said ceramic honeycomb structure have protruding portions in Figs. 7(d)-7(f) and col. 5, line 33 to col. 12, line 47.” (see page 4, of the Office Action, the end of the long paragraph, line 7 up).

However, structural elements 19a and 19b described in Figs. 7(d)-7(f) of Otsubo '714 represent bonding layers, not plugs. Thus, the ceramic honeycomb filter comprising a plurality of honeycomb structures, which are bonded with the flow paths in communication with each

other via a bonding layer disclosed in Otsubo '714 is completely different from the ceramic honeycomb filter of the present invention comprising the first ceramic honeycomb structure with desired portions of flow paths sealed by plugs at one end and the second ceramic honeycomb structure with desired portions of flow paths sealed by plugs at both ends are integrally bonded with plugs abutted to each other, such that the first ceramic honeycomb structure is on the upstream side.

With respect to the Examiner's obviousness-type double patenting rejection set forth in paragraph 8 of the Office Action, Applicants submit that the scope of newly amended claim 1 and its dependent claims 2 and 4 falls outside that of claims 1-6 of Otsubo '714. Therefore, we believe that patentability of the present application is not destroyed by Otsubo '714. Accordingly, Applicants respectfully request that the rejection be withdrawn.

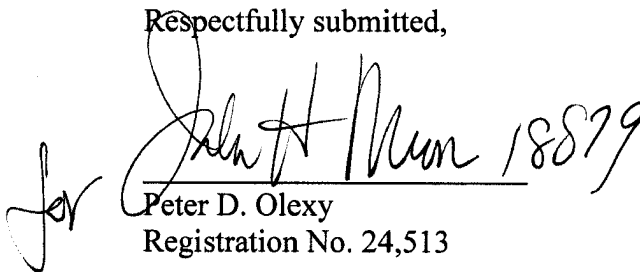
Conclusion

In view of the above, reconsideration and allowance of this application are now believed to be in order, and such actions are hereby solicited.

If any points remain in issue which the Examiner feels may be best resolved through a personal or telephone interview, the Examiner is kindly requested to contact the undersigned attorney at the local Washington, D.C. telephone number listed below.

The USPTO is directed and authorized to charge all required fees, except for the Issue Fee and the Publication Fee, to Deposit Account No. 19-4880. Please also credit any overpayments to said Deposit Account.

Respectfully submitted,

 18879
Peter D. Olexy
Registration No. 24,513

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER

Date: November 6, 2008

HONEYCOMB STRUCTURE

Publication number: JP2002306915 (A)

Publication date: 2002-10-22

Inventor(s): ISHIHARA MIKIO [JP]; NISHIMURA MAMORU [JP]

Applicant(s): DENSO CORP [JP]

Classification:


- **international:** *F01N3/02; B01D39/20; B01D53/86; B01J35/04; F01N3/022; F01N3/031; F01N7/02; F01N3/02; B01D39/20; B01D53/86; B01J35/00; F01N3/022; F01N3/031; F01N7/00; (IPC1-7): B01D39/20; B01D53/86; B01J35/04; F01N3/02*


- **European:** F01N3/022B; F01N3/031


Application number: JP20010239685 20010807

Priority number(s): JP20010239685 20010807; JP20010034177 20010209

Also published as:

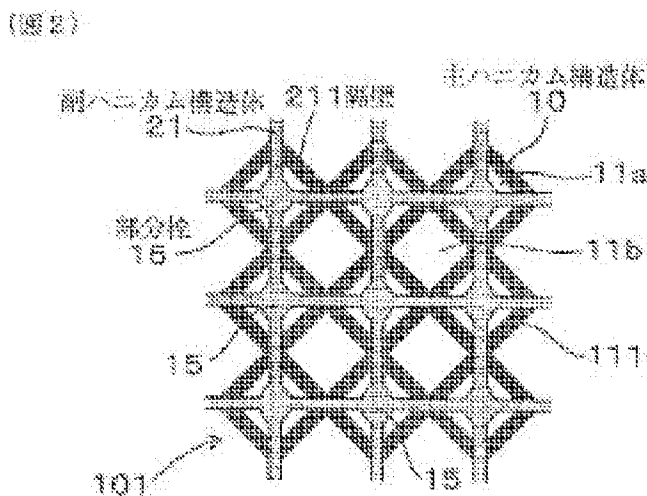
 EP1231363 (A2)

 US2002108360 (A1)

 DE60207120 (T2)

Abstract of **JP 2002306915 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a honeycomb structure, with which the generation of excess pressure drop caused by the deposit of particulates can be suppressed and which becomes possible to reduce the cost. **SOLUTION:** The honeycomb structure has at least one main honeycomb structure 10 and subsidiary honeycomb structures 21, 22 which are arranged in series at the both end faces in the axial direction of the main honeycomb structure 10. Partial plugs 15 are provided at a portion of cells 11 of the main honeycomb structure 10 by facing the crossed parts of the partition walls 211 surrounding the cells of the subsidiary honeycomb structure 21 closely arranged, and the positions of the partial plugs 15 provided at one end face of the main honeycomb structure 10 are different from those of the partial plugs provided at the other end face of the main honeycomb structure 10.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-306915
(P2002-306915A)

(43) 公開日 平成14年10月22日 (2002. 10. 22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
B 0 1 D 39/20		B 0 1 D 39/20	D 3 G 0 9 0
53/86		B 0 1 J 35/04	3 0 1 J 4 D 0 1 9
B 0 1 J 35/04	3 0 1	F 0 1 N 3/02	3 0 1 B 4 D 0 4 8
F 0 1 N 3/02	3 0 1		3 0 1 C 4 G 0 6 9
			3 0 1 Z
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-239685 (P2001-239685)

(22) 出願日 平成13年8月7日 (2001. 8. 7)

(31) 優先権主張番号 特願2001-34177 (P2001-34177)

(32) 優先日 平成13年2月9日 (2001. 2. 9)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 石原 幹男

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

社デンソー内

(72) 発明者 西村 養

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

社デンソー内

(74) 代理人 100079142

弁理士 高橋 祥泰 (外1名)

最終頁に続く

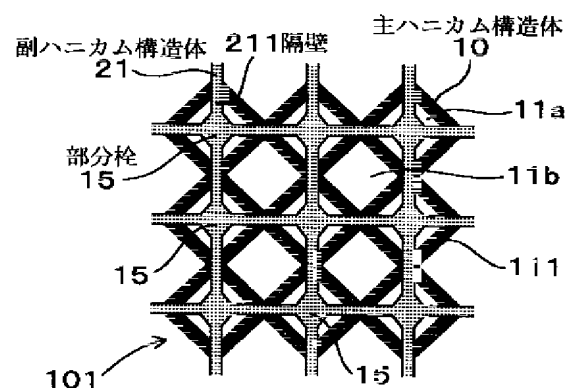
(54) 【発明の名称】 ハニカム構造体

(57) 【要約】

【課題】 パティキュレート堆積による過剰な圧力損失の発生を抑制することができ、かつ、低コスト化を図ることができるハニカム構造体を提供すること。

【解決手段】 少なくとも1つの主ハニカム構造体10と、主ハニカム構造体10の軸方向の両端面に直列に配設された副ハニカム構造体21、22とを有してなる。主ハニカム構造体10のセル11の一部には、隣接配置された副ハニカム構造体21のセルを囲う隔壁211の交差部分を対面させて部分栓15を構成し、かつ、部分栓15の配置が、主ハニカム構造体10の一方の端面101と他方の端面において異なる。

(図2)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つの主ハニカム構造体と、該主ハニカム構造体の軸方向の両端面に直列に配設された副ハニカム構造体とを有してなり、

上記主ハニカム構造体のセルの一部には、隣接配置された上記副ハニカム構造体のセルを囲う隔壁の交差部分を対面させて部分栓を構成し、かつ、該部分栓の配置が、上記主ハニカム構造体の一方の端面と他方の端面において異なることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項2】 請求項1において、上記主ハニカム構造体は複数であり、該主ハニカム構造体と上記副ハニカム構造体とが交互に配設されていることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項3】 請求項1又は2において、上記ハニカム構造体全体の軸方向の長さに対する上記副ハニカム構造体の軸方向の合計長さの割合は、5～60%の範囲内にあることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項において、上記主ハニカム構造体のセル形状と上記端部用ハニカム構造体のセル形状はいずれも正方形であると共に、互いの辺が略45度傾斜して交わるように配置されていることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項において、上記主ハニカム構造体と上記副ハニカム構造体とは、接着剤により接合されていることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項において、上記ハニカム構造体の周囲にはケーシングを配置しており、該ケーシングによって上記主ハニカム構造体と上記副ハニカム構造体の配置を固定していることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項7】 請求項1～6のいずれか1項において、上記主ハニカム構造体はセラミック製であることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか1項において、上記副ハニカム構造体の隔壁の交差部分が厚肉化されていることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項9】 複数のハニカム構造体が直列に配列されており、一方のハニカム構造体における少なくとも一部のセルに対面するように他方のハニカム構造体の隔壁を配置してなり、上記複数のハニカム構造体の配列方向に流体を流した場合、上流側に位置する一方のハニカム構造体内の隔壁により区画されたセル内における上記流体の通過抵抗は、隣接する通路ごとに異なることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項10】 複数のハニカム構造体が直列に配列されており、一方のハニカム構造体における少なくとも一部のセルに対面するように他方のハニカム構造体の隔壁を配置してなり、上記複数のハニカム構造体の配列方向に流体を流す場合の上流側に位置する一方のハニカム構

造体のセル密度が、下流側に位置する他方のハニカム構造体のセル密度よりも高いことを特徴とするハニカム構造体。

【請求項11】 請求項9又は10において、上記一方のハニカム構造体内のセルのうち、下流側の開口面に他方のハニカム構造体の隔壁が配置されていないオープンセルの通過抵抗をP1、下流側の開口面に他方のハニカム構造体の隔壁が配置されているクローズドセルの通過抵抗をP2、上記クローズドセルから上記オープンセルへと流体が移動する際に隔壁を通過する抵抗をP3とした場合、 $P1 < P3 < P2$ の関係にあることを特徴とするハニカム構造体。

【請求項12】 請求項9～11のいずれか1項において、上記複数のハニカム構造体は、10mm以下の隙間を介して配列されていることを特徴とするハニカム構造体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】本発明は、排ガス浄化フィルタ等に用いられるハニカム構造体に関する。

【0002】

【従来技術】自動車のエンジンのような内燃機関から排出されるカーボン微粒子等のパーティキュレートを浄化する手段として、ハニカム状のフィルタにより一旦パーティキュレートを捕集し、これをその後ヒータ等による加熱もしくは触媒により燃焼除去する方法がとられている。

【0003】従来の排ガス浄化フィルタは、図12、図13に示すごとく、セラミック製のハニカム構造体9のセル90の両端の一方を栓95によって交互に栓詰めした構造のハニカム構造体を用いる。すなわち、図13に示すごとく、上流側の端面91においては、セル端部を栓95を用いて、例えば市松模様状に交互に栓詰めする。そして、上流側に栓があるセルの下流側は開放したままとし、上流側を開放したセルの下流側は栓詰めする。そして、排ガス浄化フィルタの種類によっては、隔壁98には触媒を担持させる。

【0004】このような排ガス浄化フィルタを用いれば、内燃機関の排気ガスが通過する際に隔壁にパーティキュレートが捕集され、ヒータによる加熱あるいは触媒作用によって燃焼除去される。

【0005】

【解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の排ガス浄化フィルタ9においては、次の問題がある。即ち、図14に示すごとく、上記排ガス浄化フィルタに流入する排気ガス8から捕集されるパーティキュレート88は、必ずしもタイミングよく燃焼除去されず、徐々に隔壁98に堆積する場合がある。例えば、内燃機関から温度の低い排気ガス8が排出されている間は、触媒作用によっても燃焼が開始せず、パーティキュレート88の堆積のみが進行する。この場合には、排気ガス8がフィル

タ、即ちハニカム構造体を通過する際の圧力損失が増大し、また燃焼熱によりフィルタが異常加熱され割れもしくは溶損するという問題を招いてしまう。また、ハニカム構造体のセル端部を栓詰めする工程は、非常に煩雑で、多大な手作業工程を必要とし、コスト低下を妨げる要因ともなっている。

【0006】本発明はかかる従来の問題点を鑑みてなされたもので、パティキュレート堆積による過剰な圧力損失の発生を抑制することができ、かつ、低コスト化を図ることができるハニカム構造体を提供しようとするものである。

【0007】

【課題の解決手段】請求項1の発明は、少なくとも1つの主ハニカム構造体と、該主ハニカム構造体の軸方向の両端面に直列に配設された副ハニカム構造体とを有してなり、上記主ハニカム構造体のセルの一部には、隣接配置された上記副ハニカム構造体のセルを囲う隔壁の交差部分を対面させて部分栓を構成し、かつ、該部分栓の配置が、上記主ハニカム構造体の一方の端面と他方の端面において異なることを特徴とするハニカム構造体にある。

【0008】次に、本発明の作用効果につき説明する。本発明のハニカム構造体は、上記のごとく、主ハニカム構造体に副ハニカム構造体を組み合わせて構成してある。そして、上記副ハニカム構造体は、上記主ハニカム構造体の一部のセルを部分的に閉塞する部分栓として機能するよう構成されている。また、この部分栓が存在する位置の配置が、上記主ハニカム構造体の一方の端面と他方の端面において異なっている。

【0009】そのため、上記ハニカム構造体は、上記主ハニカム構造体のセルの少なくとも一部が、両端の開口部のうちの一方を上記副ハニカム構造体により構成された部分栓により閉塞した状態となる。これにより、上記ハニカム構造体を流体中に配置した場合には、上記主ハニカム構造体の上流側端面においては、上記部分栓の有無によって、セル侵入時の抵抗に違いが生ずる。そのため、上記部分栓が存在しないセルの中に流体が侵入しやすくなる。

【0010】また、主ハニカム構造体の下流側に部分栓があるセルにおいては、流体が部分栓を貫通して下流側に抜けるよりも、隔壁を貫通して部分栓が下流側でないセルに移動して排出される方が抵抗が少なくなるという状況を作り出すことができる。そのため、上記ハニカム構造体を例えば排ガス浄化フィルタに用いた場合には、栓の全くない上記主ハニカム構造体だけを用いる場合よりも、流体である排ガスが上記隔壁を通過する割合が高くなり、隔壁による排ガス中のパティキュレートの捕集効率を向上させることができる。

【0011】また、上記副ハニカム構造体により構成する栓は、主ハニカム構造体のセルを完全に閉塞するので

はなく、部分的に閉塞する部分栓である。そのため、従来の完全な栓により栓詰めした場合の不具合を抑制することができる。すなわち、完全な栓詰めをしている場合には、隔壁へのパティキュレートの堆積が進んだ異常状態において、流体が隔壁を通過することが困難となり、セル内の圧力が過剰に上昇する。これに対し、本発明では、上記主ハニカム構造体のセルを部分栓としてあるので、セル内の圧力が高くなった異常事態においては、流体が部分栓を通過することができ、過剰な圧力上昇をさげることができる。

【0012】また、上記副ハニカム構造体は上記隔壁の交差部分を上記主ハニカム構造体のセルに対面させることにより上記部分栓としてある。そのため、従来の栓詰めを行う場合のような煩雑な製造工程を実施する必要がない。それ故、上記ハニカム構造体の製造を低コストで効率よく行うことができる。

【0013】したがって、本発明によれば、パティキュレートの堆積による過剰な圧力損失の発生を抑制することができ、かつ、低コスト化を図ることができるハニカム構造体を提供することができる。

【0014】また、請求項2の発明のように、上記主ハニカム構造体は複数であり、該主ハニカム構造体と上記副ハニカム構造体とが交互に配設されていてもよい。この場合には、上記ハニカム構造体を通過する流体が、複数回隔壁を通過するような構成を得ることもできる。

【0015】また、請求項3の発明のように、上記ハニカム構造体全体の軸方向の長さに対する上記副ハニカム構造体の軸方向の合計長さの割合は、5～60%の範囲内にあることが好ましい。上記割合が5%未満の場合にはハニカム構造体の強度が低下し、割れが発生してしまうという問題があり、一方、60%を超える場合には、主ハニカム構造体のろ過面積が小さくなるため、パティキュレートの捕集が著しく悪化してしまうという問題がある。

【0016】また、請求項4の発明のように、上記主ハニカム構造体のセル形状と上記端部用ハニカム構造体のセル形状はいずれも正方形であると共に、互いの辺が略45度傾斜して交わるように配置されていることが好ましい。この場合には、上記主ハニカム構造体のセルに対し、規則正しく上記副ハニカム構造体の隔壁の交差部分を配置することができ、規則正しく部分栓を配置することができる。それ故、上記部分栓配置による効果を高めることができる。

【0017】また、請求項5の発明のように、上記主ハニカム構造体と上記副ハニカム構造体とは、接着剤により接合されていることが好ましい。この場合には、上記主ハニカム構造体と副ハニカム構造体を強固に固定することができ、両者の位置関係が使用中にずれることを防止することができる。

【0018】また、請求項6の発明のように、上記ハニ

カム構造体の周囲にはケーシングを配置してあり、該ケーシングによって上記主ハニカム構造体と上記副ハニカム構造体の配置を固定することもできる。この場合には、上記主ハニカム構造体と副ハニカム構造体との接着工程を省略することができ、製造工程を合理化することができる。

【0019】また、請求項7の発明のように、上記主ハニカム構造体はセラミック製であることが好ましい。上記主ハニカム構造体としては、隔壁が通気性を有するものであれば、金属その他の材料を適用することが可能である。この中でも、セラミックの場合には、隔壁に気孔を有し通気性を備えたハニカム構造体を容易に得ることができ、好適である。なお、上記副ハニカム構造体は、セラミック製とすることもできるし、金属等を用いてもよい。

【0020】また、請求項8の発明のように、上記副ハニカム構造体の隔壁の交差部分が厚肉化されていることが好ましい。この場合には、上記部分栓の効果が高めることができる。

【0021】次に、請求項9の発明は、複数のハニカム構造体が直列に配列されており、一方のハニカム構造体における少なくとも一部のセルに直面するように他方のハニカム構造体の隔壁を配置してなり、上記複数のハニカム構造体の配列方向に流体を流した場合、上流側に位置する一方のハニカム構造体内の隔壁により区画されたセル内における上記流体の通過抵抗は、隣接する通路ごとに異なることを特徴とするハニカム構造体にある。

【0022】本発明のハニカム構造体においては、上記複数のハニカム構造体の組み合わせによって、上流側に位置するハニカム構造体内のセルを通過する流体の通過抵抗を、セル毎に異なるように設定する。これにより、通過抵抗の高いセルに進入した流体は、隔壁を通過して通過抵抗の低いセルに移動する。それ故、上記ハニカム構造体をフィルターに用いた場合には、非常に有効である。

【0023】次に、請求項10の発明は、複数のハニカム構造体が直列に配列されており、一方のハニカム構造体における少なくとも一部のセルに直面するように他方のハニカム構造体の隔壁を配置してなり、上記複数のハニカム構造体の配列方向に流体を流す場合の上流側に位置する一方のハニカム構造体のセル密度が、下流側に位置する他方のハニカム構造体のセル密度よりも高いことを特徴とするハニカム構造体にある。

【0024】本発明のハニカム構造体においては、上記のごとく、上流側のハニカム構造体のセル密度が下流側のハニカム構造体よりも高い。そのため、上流側のハニカム構造体のセルの開口面は、下流側のハニカム構造体の隔壁に直面する部分と開放された部分とが容易に構成される。そのため、上流側に位置するハニカム構造体内のセルを通過する流体の通過抵抗を、セル毎に異なるよ

うに設定することができる。これにより、通過抵抗の高いセルに進入した流体は、隔壁を通過して通過抵抗の低いセルに移動する。それ故、上記ハニカム構造体をフィルターに用いた場合には、非常に有効である。

【0025】また、請求項11の発明のように、上記一方のハニカム構造体内のセルのうち、下流側の開口面に他方のハニカム構造体の隔壁が配置されていないオープンセルの通過抵抗を P_1 、下流側の開口面に他方のハニカム構造体の隔壁が配置されているクローズドセルの通過抵抗を P_2 、上記クローズドセルから上記オープンセルへと流体が移動する際に隔壁を通過する抵抗を P_3 とした場合、 $P_1 < P_3 < P_2$ の関係にあることが好ましい。この場合には、上記クローズドセルを通過する流体を効率よく隔壁を通してオープンセル側に流動させることができる。

【0026】また、請求項12の発明のように、上記複数のハニカム構造体は、10mm以下の隙間を介して配列されている構造をとることもできる。上記隙間が10mmを超える場合には、複数のハニカム構造体を直列に配列することによる上流側のセル内の通過抵抗を調整する効果が十分に得られないという問題がある。

【0027】

【発明の実施の形態】実施形態例1

本発明の実施形態例にかかるハニカム構造体につき、図1～図4を用いて説明する。本例のハニカム構造体1は、図1に示すごとく、主ハニカム構造体10と、該主ハニカム構造体10の軸方向の両端面に直列に配設された2つの副ハニカム構造体21、22とを有してなる。図2、図3に示すごとく、上記主ハニカム構造体10のセル11の一部には、隣接配置された上記副ハニカム構造体21、22のセルを囲う隔壁211、221の交差部分を対面させて部分栓15を構成し、かつ、該部分栓15の配置が、上記主ハニカム構造体10の一方の端面101と他方の端面102において異なる。

【0028】以下、これを詳説する。本例では主ハニカム構造体10および副ハニカム構造体21、22は、図2、図3に示すごとく、いずれも四角形格子状の隔壁111、211、221を有し、正方形のセルを多数有している。これらのハニカム構造体10、21、22はいずれもコーデライトを主成分とするセラミック製のものを用いた。そして、少なくとも隔壁111には多数の空孔を設け、通気性を確保してある。

【0029】主ハニカム構造体10と副ハニカム構造体21、22の外形寸法は、いずれも $\phi 129\text{mm}$ とした。また、主ハニカム構造体10の長さは130mm、副ハニカム構造体21、22の長さはそれぞれ10mmとし、ハニカム構造体1全体の軸方向の長さに対する副ハニカム構造体21、22の軸方向の合計長さの割合は、13%とした。

【0030】また、主ハニカム構造体10のセル寸法

は、隔壁厚さが0.3mm、セルピッチすなわち一辺の長さが1.47mmとした。また、副ハニカム構造体21, 22のセル寸法は、いずれも隔壁厚さが0.3mm、セルピッチ（一辺の長さ）が0.74mm、対角線の長さが1.05mmとした。すなわち、主ハニカム10のセルピッチ（一辺の長さ）と、副ハニカム構造体21, 22の対角線方向のピッチ（対角線の長さ）を同じ寸法とした。また、図2、図3に示すごとく、副ハニカム構造体21, 22においては、隔壁221, 222の交差部分を、セル角部分を肉盛りするようにして厚肉化した。

【0031】そして、本例では、主ハニカム構造体10の軸方向両端面101, 102に、それぞれ副ハニカム構造体21, 22を接着剤により接合した。このとき、図2、図3に示すごとく、主ハニカム構造体10の隔壁111と、副ハニカム構造体21, 22の隔壁211, 221とが略45度傾斜して交わるように配置した。

【0032】更に、図2、図3に示すごとく、主ハニカム構造体10の一方の端面101において副ハニカム構造体21の隔壁211の交差部分よりなる部分栓15が存在する位置と、他方の端面102において副ハニカム構造体22の隔壁221の交差部分よりなる部分栓15が存在する位置の配置が異なるようにし、交互に食い違いうようにした。すなわち、図2に示すごとく端面101において部分栓15があるセル11aは、図3に示すごとく他方の端面102において部分栓15がなく開放されている。一方、図2に示すごとく端面101において部分栓15がなく開放されたセル11bは、図3に示すごとく他方の端面102において部分栓15が被せられている。本例では、上記部分栓15による主ハニカム構造体10のセル11bの閉塞した割合が、面積で約85%となっている。

【0033】本例では、このような構成のハニカム構造体1を担体として用い、排ガス浄化フィルタを構成した。具体的には図4に示すごとく、ハニカム構造体1に触媒を担持させると共にこれをケーシング5に収納した。

【0034】このハニカム構造体1を用いた排ガス浄化フィルタを排ガス経路に配置した際には、次のような作用が得られる。すなわち、上流側に配置された一方の端面101に衝突する排気ガスは、上記部分栓15による抵抗の発生によって、選択的に部分栓15が存在しないセル11b（図2）に侵入しやすくなる。

【0035】また、セル11bでは、図3に示すごとく下流側に部分栓15が存在しているので、流体が部分栓15を貫通して下流側に抜けるよりも、隔壁111を貫通して部分栓15が下流側にないセル11aに移動して排出される方が抵抗が少なくなるという状況を作り出すことができる。

【0036】そのため、上記ハニカム構造体1を排ガス

浄化フィルタの担体として用いた場合には、栓の全くない主ハニカム構造体10だけを用いる場合よりも、流体である排ガスが隔壁111を通過する割合が高くなり、隔壁111による排ガス中のパーティキュレートの捕集効率を向上させることができる。

【0037】また、上記副ハニカム構造体21, 22により構成する栓は、主ハニカム構造体のセルを完全に閉塞するのではなく、部分的に閉塞する部分栓15である。そのため、隔壁111へのパーティキュレートの堆積が進んだ異常状態においては、流体が部分栓15を通過することができ、過剰な圧力上昇をさけることができる。

【0038】また、副ハニカム構造体21, 22は隔壁111の交差部分を主ハニカム構造体10のセル11に対面させることにより上記部分栓としてある。そのため、従来の栓詰めを行う場合のような煩雑な製造工程を実施する必要がない。それ故、ハニカム構造体1の製造を低コストで効率よく行うことができる。

【0039】このように、本例では、パーティキュレートの堆積による過剰な圧力損失の発生を抑制することができ、かつ、低コスト化を図ることができるハニカム構造体1を得ることができる。なお、本例では、主ハニカム構造体10と副ハニカム構造体21, 22とを接着剤で接合したが、接着剤を用いず上記ケーシングによって両者を固定することもできる。

【0040】実施形態例2

本例では、図5に示すごとく、主ハニカム構造体を複数（31～33）とし、主ハニカム構造体31～33と副ハニカム構造体41～44とを交互に配設した例を示す。主ハニカム成形体31～33は、長さを36mmに短くした点のみが異なるが他は実施形態例1の主ハニカム構造体10と同じセラミック製のハニカム構造体を適用した。また、副ハニカム構造体41, 43としては実施形態例1の副ハニカム構造体21と同様のものを用い、副ハニカム構造体42, 44としては実施形態例1の副ハニカム構造体22と同様のものを用いた。そして、これらを図5に示すごとく軸方向に直列に配置し、接着剤により接合した。その他は実施形態例1と同様である。

【0041】この場合には、各副ハニカム構造体41～44の存在によって、前述した図2の状態と図3の状態が交互に繰り返された構成が得られる。そのため、このハニカム構造体を実施形態例1と同様に排ガス浄化フィルタとして用いた場合には、流体である排ガスが、各主ハニカム構造体31～33の隔壁を横断、すなわち3回隔壁を横断する状態をつくることができる。そのため、パーティキュレートの捕集効率を高めることができる。その他は実施形態例1と同様の作用効果が得られる。

【0042】なお、上記各実施形態例においては、主ハニカム構造体、副ハニカム構造体ともに四角形状のセル

を有する場合について説明したが、上記部分栓が形成できる限り、他のセル形状、例えば三角形、六角形のセル形状を有するハニカム構造体を適用することもできる。

【0043】実施形態例3

本例のハニカム構造体6は、図6に示すごとく、3つのハニカム構造体61、62、63を直列に配列してなる。そして、隣接する2つのハニカム構造体においては、一方のハニカム構造体における少なくとも一部のセルの開口面に対面するように他方のハニカム構造体の隔壁を配置してなる。そして、上記3つのハニカム構造体61、62、63の配列方向に流体を流す場合、上流側に位置する一方のハニカム構造体61のセル密度が、下流側に位置する他方のハニカム構造体62のセル密度よりも高く、また、上流側に位置する一方のハニカム構造体62のセル密度が、下流側に位置する他方のハニカム構造体63のセル密度よりも高い。

【0044】具体的には、最上流側のハニカム構造体61のセル密度は900メッシュであり、中央のハニカム構造体62のセル密度は600メッシュであり、最下流側のハニカム構造体63のセル密度は300メッシュである。図7には、上記ハニカム構造体6を上流側正面（図6の矢印A方向）から見た状態を示す。同図においては、最上流側のハニカム構造体61の隔壁611と、その奥に位置する中央のハニカム構造体62の隔壁621を示してある。最上流のハニカム構造体61のセル610は、その下流側の開口面において、中央のハニカム構造体62の隔壁を対面させたクローズドセル610bと開放されているオープンセル610aとを交互に有する状態となっている。

【0045】また、図8においては、上記ハニカム構造体6を下流側正面（図6の矢印B方向）から見た状態を示す。同図においては、最下流側のハニカム構造体63の隔壁631と、その奥に位置する中央のハニカム構造体62の隔壁621を示してある。中央のハニカム構造体62のセル620は、その下流側の開口面において、最下流のハニカム構造体63の隔壁631を対面させたクローズドセル620bと開放されているオープンセル620aとを交互に有する状態となっている。

【0046】ここで、最上流のハニカム構造体61と中央のハニカム構造体62の隔壁611、621の位置関係を模式的に図9に示す。同図において、ハニカム構造体61内のセル610のうち、下流側の開口面にハニカム構造体62の隔壁621が配置されていないオープンセル610aの通過抵抗をP1、下流側の開口面にハニカム構造体62の隔壁611が配置されているクローズドセル610bの通過抵抗をP2、上記クローズドセル610bから上記オープンセル610aへと流体が移動する際に隔壁611を通過する抵抗をP3とする。本例では、 $P1 < P3 < P2$ の関係が成り立つ。

【0047】これにより、クローズドセル610bを通

過する流体を効率よく隔壁611を通してオープンセル610a側に流動させることができ、隔壁611による優れたフィルター効果を容易に得ることができる。またこのような作用効果は、中央のハニカム構造体62と下流側のハニカム構造体63との間においても同様に得られ、ハニカム構造体6全体として2段階の優れたフィルター効果を得ることができる。

【0048】実施形態例4

本例は図10、図11に示すごとく、実施形態例1における主ハニカム構造体10と、該主ハニカム構造体10の軸方向の両端面に直列に配設された2つの副ハニカム構造体21、22のセル形状を変更した例である。

【0049】本例の主ハニカム構造体10、副ハニカム構造体21、22は、いずれも三角形とした。そして、図10、図11に示すごとく、上記主ハニカム構造体10のセル11の一部には、隣接配置された上記副ハニカム構造体21、22のセルを囲う隔壁211、221の交差部分を対面させて部分栓15を構成した。また、部分栓15の配置が、上記主ハニカム構造体10の一方の端面101と他方の端面102において異なるようにした。

【0050】なお、本例の場合には、上記部分栓15が配置されていないセル11においても、副ハニカム構造体21、22の隔壁211、221の一部に対面し、若干の通過抵抗が生じるが、隔壁の交差部分よりなる部分栓15により生じる通過抵抗よりも十分に小さい。その他は実施形態例1と同様である。この場合にも、実施形態例1における場合と同様の作用効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例1における、ハニカム構造体の斜視図。

【図2】実施形態例1における、図1の矢印A方向から見たハニカム構造体の端面状態を示す説明図。

【図3】実施形態例1における、図1の矢印B方向から見たハニカム構造体の端面状態を示す説明図。

【図4】実施形態例1における、排ガス浄化フィルタを示す説明図。

【図5】実施形態例2における、ハニカム構造体の斜視図。

【図6】実施形態例3における、ハニカム構造体の斜視図。

【図7】実施形態例3における、図6の矢印A方向から見たハニカム構造体の端面状態を示す説明図。

【図8】実施形態例3における、図6の矢印B方向から見たハニカム構造体の端面状態を示す説明図。

【図9】実施形態例3における、流体の通過抵抗を示す説明図。

【図10】実施形態例4における、図1の矢印A方向に相当する方向から見たハニカム構造体の端面状態を示す説明図。

【図11】実施形態例4における，図1の矢印B方向に相当する方向から見たハニカム構造体の端面状態を示す説明図。

【図12】従来例における，ハニカム構造体の一方の端面を示す説明図。

【図13】従来例における，ハニカム構造体の長手方向断面を示す説明図。

【図14】従来例における，隔壁にパティキュレートが

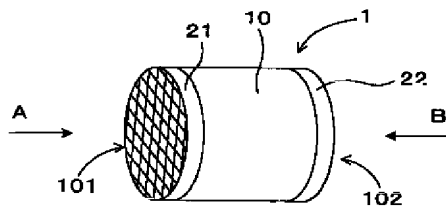
堆積した際の問題点を示す説明図。

【符号の説明】

1...ハニカム構造体，
10，31～33...主ハニカム構造体，
11...セル，
111，211，221...隔壁，
21，22，41～44...副ハニカム構造体，

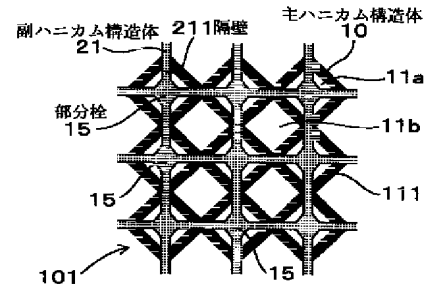
【図1】

(図1)



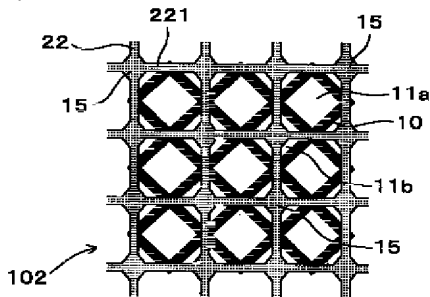
【図2】

(図2)



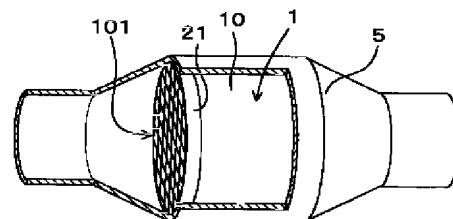
【図3】

(図3)



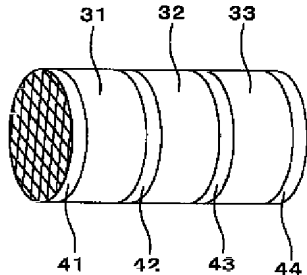
【図4】

(図4)



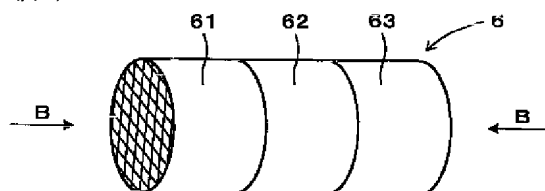
【図5】

(図5)



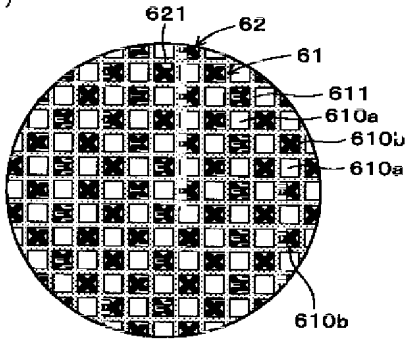
【図6】

(図6)



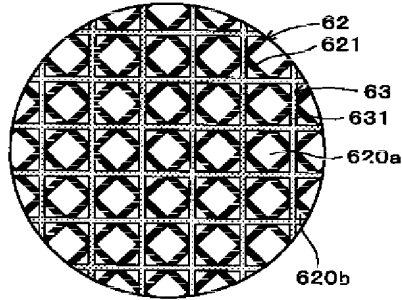
【図7】

(図7)



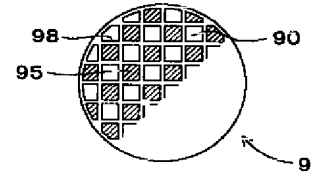
【図8】

(図8)



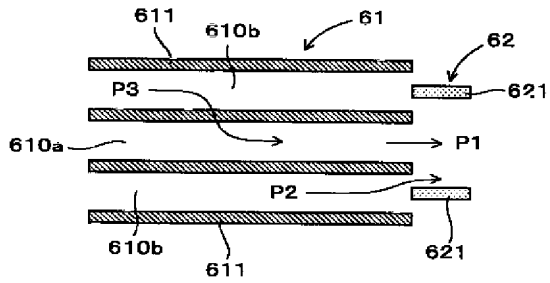
【図12】

(図12)



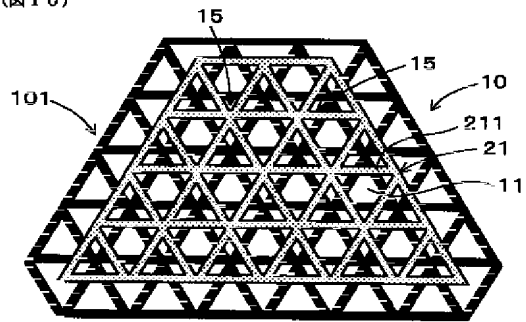
【図9】

(図9)



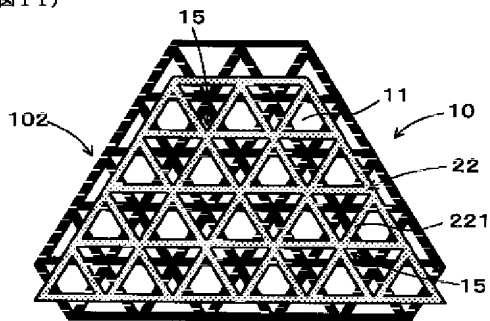
【図10】

(図10)



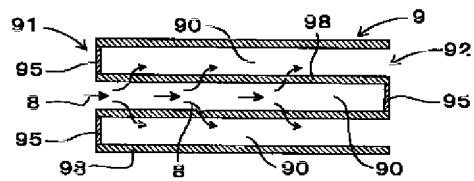
【図11】

(図11)



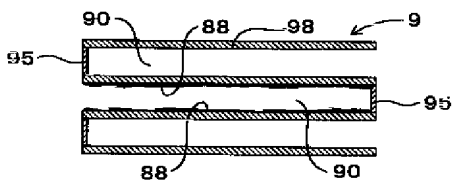
【図13】

(図13)



【図14】

(図14)



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	(参考)
F O 1 N 3/02		B O 1 D 53/36	C

Fターム(参考) 3G090 AA01 AA04 BA01
4D019 AA01 BA05 BC07 BD01 BD10
CA01 CB02 CB04
4D048 AA14 AA18 AB01 BB02 BB18
CC41
4G069 AA01 AA15 CA03 CA07 CA18
DA06 EA18 EE08

HONEYCOMB CONSTRUCTION BODY, HONEYCOMB FILTER AND THEIR MANUFACTURING METHOD

Publication number: JP2002060279 (A)

Publication date: 2002-02-26

Inventor(s): HARADA SETSU; MIYAIRI YUKIO; KASAI YOSHIYUKI;
KAWASAKI SHINJI

Applicant(s): NGK INSULATORS LTD

Classification:





- **international:** *F02M27/02; B01D39/20; B01D53/86; B01J35/04; B28B1/00; B28B3/26; C04B35/10; C04B35/185; C04B35/19; C04B35/443; C04B35/478; C04B35/56; C04B35/565; C04B35/584; C04B37/00; C04B38/00; F01N3/02; F01N3/022; F01N3/035; F01N3/28; F02M27/00; B01D39/20; B01D53/86; B01J35/00; B28B1/00; B28B3/26; C04B35/10; C04B35/18; C04B35/44; C04B35/462; C04B35/56; C04B35/565; C04B35/584; C04B37/00; C04B38/00; F01N3/02; F01N3/022; F01N3/035; F01N3/28; (IPC1-7): C04B37/00; B01D39/20; B01D53/86; B01J35/04; B28B3/26; C04B35/565; F01N3/02; F01N3/28; F02M27/02*

- **European:** B01D39/20H; B01J35/04; B28B1/00B; C04B35/10; C04B35/185; C04B35/19; C04B35/195; C04B35/443; C04B35/478; C04B35/56; C04B35/565; C04B35/584; C04B37/00B; C04B38/00B; F01N3/022B; F01N3/035; F01N3/28B4B

Application number: JP20010064077 20010307

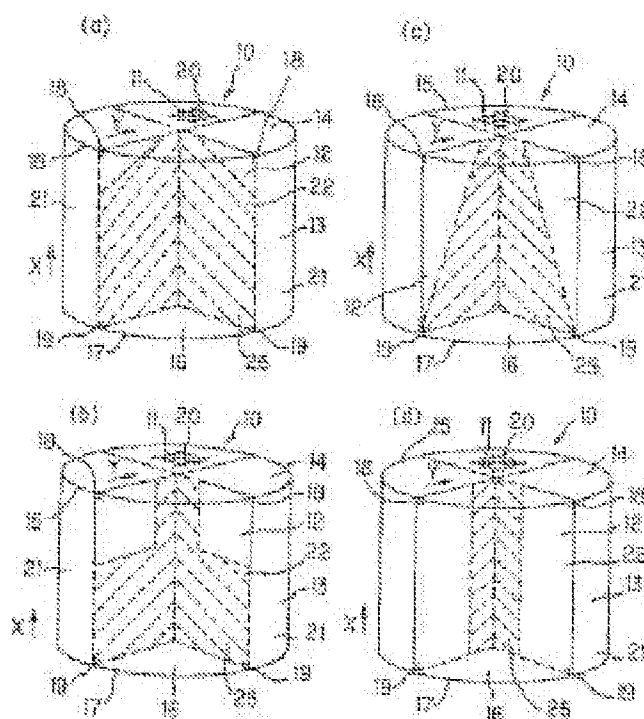
Priority number(s): JP20010064077 20010307; JP20000168234 20000605

Also published as:

 EP1291061 (A1)
 US2003053940 (A1)
 WO0193984 (A1)
 AU6268801 (A)

Abstract of JP 2002060279 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a honeycomb construction body which is excellent in durability and does not cause the occurrence of crack due to thermal stress in using, and their manufacturing method. **SOLUTION:** The honeycomb structure body is provided with a plurality of honeycomb members 21 having many ventilation holes 11 partitioned by partitions 20. These honeycomb members 21 are joined by surfaces (joining surfaces) 22 being substantially parallel to the passage direction of the ventilation holes to be integrated to form the honeycomb structure body. The surface 22 at the member 21 includes an end part to be connected with a passage entrance end face outer peripheral part 15 and/or a passage exit end face outer peripheral part 17 and has an unjoined part 12 in the structure.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-60279
(P2002-60279A)

(43) 公開日 平成14年2月26日 (2002.2.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース [*] (参考)
C 0 4 B 37/00		C 0 4 B 37/00	Z 3 G 0 9 0
B 0 1 D 39/20		B 0 1 D 39/20	D 3 G 0 9 1
33/86	Z A B	B 0 1 J 35/04	3 0 1 J 4 D 0 1 9
B 0 1 J 35/04	3 0 1		3 0 1 P 4 D 0 4 8
			3 0 1 M 4 G 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数42 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-64077(P2001-64077)
(22) 出願日 平成13年3月7日 (2001.3.7)
(31) 優先権主張番号 特願2000-168234(P2000-168234)
(32) 優先日 平成12年6月5日 (2000.6.5)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004064
日本碍子株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(72) 発明者 原田 節
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内
(72) 発明者 宮入 由紀夫
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内
(74) 代理人 100088616
弁理士 渡邊 一平

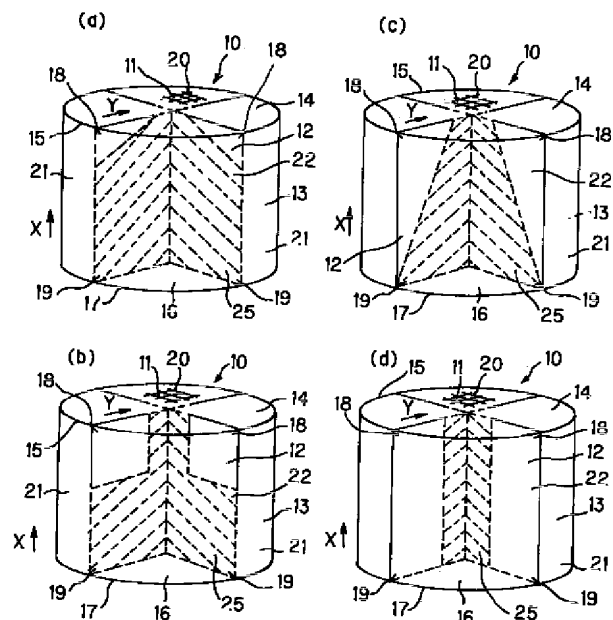
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハニカム構造体とハニカムフィルター、及びそれらの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 使用時における熱応力によるクラック発生が生じない耐久性に優れたハニカム構造体等、及びそれらの製造方法を提供する。

【解決手段】 隔壁20により仕切られた多数の流通孔11を有するハニカム部材21を複数備え、この複数のハニカム部材21が、ハニカム部材21と実質的に同材質の接合部材25により、流通孔の流路方向と実質的に平行な面（接合面）22で接合され、複数のハニカム部材21が一体化されてなるハニカム構造体である。ハニカム部材21における接合面22が、少なくとも、流路入口端面外周部15及び／又は流路出口端面外周部17に接続する端部を含んで、未接合部12を有する構造とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 隔壁により仕切られた多数の流通孔を有するハニカム部材を複数備え、該複数のハニカム部材が、該ハニカム部材と実質的に同材質の接合部材により、該流通孔の流路方向と実質的に平行な面で接合され、該複数のハニカム部材が一体化されてなるハニカム構造体であって、
該ハニカム部材における接合面が、少なくとも、流路入口端面外周部及び／又は流路出口端面外周部に接続する端部を含んで、未接合部を有することを特徴とするハニカム構造体。

【請求項2】 隔壁により仕切られた多数の流通孔を有するハニカム部材を複数有し、該複数のハニカム部材を、該流通孔の流路方向と実質的に平行な面で接合部材により接合して一体化してなるハニカム構造体であって、
該ハニカム部材が、金属SiとSiCとを主成分とし、 $Si / (Si + SiC)$ で規定されるSi含有量が5～50重量%であり、
該接合部材が、金属SiとSiCとを主成分とし、 $Si / (Si + SiC)$ で規定されるSi含有量が、接合される該ハニカム部材と同等かそれより多く、かつ10～80重量%であり、
該ハニカム部材における接合面が、少なくとも、流路入口端面外周部及び／又は流路出口端面外周部に接続する端部を含んで、未接合部を有することを特徴とするハニカム構造体。

【請求項3】 該接合部材が、該接合面に、連続的に配設されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のハニカム構造体。

【請求項4】 該接合面の該未接合部が、該流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部から該流通孔の流路方向に、同方向における該ハニカム構造体の全長に対し、10%以上の長さで設けられていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載のハニカム構造体。

【請求項5】 該接合面の該未接合部が、該流路入口端面外周部又は該流路出口端面外周部から各端面の中心方向に、同方向における該ハニカム構造体の全幅に対し、10%以上の長さで設けられていることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のハニカム構造体。

【請求項6】 該接合面の該未接合部の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填部材が配設されていることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載のハニカム構造体。

【請求項7】 該充填部材のヤング率が、ハニカム部材のヤング率の80%以下であること、又は該充填部材の材料強度が、該ハニカム部材の材料強度より小さいこと、の少なくともいずれか一方を満足することを特徴とする請求項6に記載のハニカム構造体。

【請求項8】 該ハニカム部材の主成分が、コージェラ

イト、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素、窒化珪素、リチウムアルミニウムシリケート、チタン酸アルミニウム及びこれらの組み合わせよりなる群から選ばれる少なくとも1種のセラミックス、又はFe-Cr-Al系金属である請求項1、3～7のいずれか一項に記載のハニカム構造体。

【請求項9】 該ハニカム部材の隔壁上に触媒が担持されていることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載のハニカム構造体。

【請求項10】 隔壁により仕切られ、流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、該流通孔が貫通する該流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じされているハニカムフィルター部材を複数有し、該ハニカムフィルター部材を、該流通孔の流路方向と平行な面で、該ハニカムフィルター部材と実質的に同材質の接合部材により接合して、一体化してなるハニカムフィルターであって、

該ハニカムフィルター部材における接合面が、少なくとも、流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を含んで、未接合部を有することを特徴とするハニカムフィルター。

【請求項11】 隔壁により仕切られ、流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、該流通孔が貫通する該流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じされているハニカムフィルター部材を複数有し、該複数のハニカムフィルター部材を、該流通孔の流路方向と平行な面で、接合部材により接合、一体化してなるハニカムフィルターであって、

該ハニカムフィルター部材の基体が、金属SiとSiCとを主成分とし、 $Si / (Si + SiC)$ で規定されるSi含有量が5～50重量%であり、
該接合部材が、金属SiとSiCとを主成分とし、 $Si / (Si + SiC)$ で規定されるSi含有量が、接合される該ハニカムフィルター部材の基体と同等かそれより多く、かつ10～80重量%であり、
該ハニカムフィルター部材における接合面が、少なくとも、流路入口端面外周部及び／又は流路出口端面外周部に接続する端部を含んで、未接合部を有することを特徴とするハニカムフィルター。

【請求項12】 該接合部材が、該接合面に、連続的に配設されていることを特徴とする請求項10又は11に記載のハニカムフィルター。

【請求項13】 該接合面の該未接合部が、該流路入口端面外周部又は該流路出口端面外周部から該流通孔の流路方向に、同方向における該ハニカムフィルターの全長に対し、10%以上の長さで設けられていることを特徴とする請求項10～12のいずれか一項に記載のハニカムフィルター。

【請求項14】 該接合面の該未接合部が、該流路入口端面外周部又は該流路出口端面外周部から各端面の中心

方向に、同方向における該ハニカムフィルターの全幅に対し、10%以上の長さで設けられていることを特徴とする請求項10～13のいずれか一項に記載のハニカムフィルター。

【請求項15】 該接合面の該未接合部の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填部材が配設されていることを特徴とする請求項10～14のいずれか一項に記載のハニカムフィルター。

【請求項16】 該充填部材のヤング率が、ハニカム部材のヤング率の80%以下であること、又は該充填部材の材料強度が、該ハニカム部材の材料強度より小さいこと、の少なくともいずれか一方を満足することを特徴とする請求項15に記載のハニカムフィルター。

【請求項17】 該ハニカムフィルター部材の主成分が、コーゼライト、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素、窒化珪素、リチウムアルミニウムシリケート、チタン酸アルミニウム及びこれらの組み合わせよりなる群から選ばれる少なくとも1種のセラミックス、又はFe-Cr-Al系金属である請求項10、12～16のいずれか一項に記載のハニカムフィルター。

【請求項18】 該ハニカム部材の隔壁上に触媒が担持されていることを特徴とする請求項10～17のいずれか一項に記載のハニカムフィルター。

【請求項19】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体を得、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム体を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法。

【請求項20】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、該ハニカム体を焼成してハニカム部材を得、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカム部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム部材を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法。

【請求項21】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、該ハニカム体の外形を加工し、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム体を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼

成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法。

【請求項22】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体を得、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム体を、該接合層を介して接合して一体化した後、外形を加工し、その後焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法。

【請求項23】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、該ハニカム体の外形を加工した後、焼成してハニカム部材を得、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカム部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム部材を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法。

【請求項24】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とし、次いで、該ハニカム体を焼成してハニカム部材とした後、該ハニカム部材の外形を加工し、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカム部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム部材を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法。

【請求項25】 該接合層を、連続的に形成することを特徴とする請求項19～24のいずれか一項に記載のハニカム構造体の製造方法。

【請求項26】 請求項19～25のいずれか一項に記載の方法で得られたハニカム構造体の外形を、更に加工することを特徴とするハニカム構造体の製造方法。

【請求項27】 請求項19～26のいずれか一項に記載の製造方法で得られるハニカム構造体の側面の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填材を塗布することを特徴とするハニカム構造体の製造方法。

【請求項28】 該接合層を一部に形成した面のうち、接合層が形成されていない部分の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填材を配設することを特徴とする請求項19～27のいずれか一項に記載のハニカム構造体の製造方法。

【請求項29】 該ハニカム体及び該接合層の主成分が、コーゼライト、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素、窒化珪素、リチウムアルミニウムシリケート、チタン酸アルミニウム及びこれらの組み合わせよりなる群から選ばれる少なくとも1種のセラミックス、F

e-Cr-Al系金属、又は金属SiとSiCからなることを特徴とする請求項19～28のいずれか一項に記載のハニカム構造体の製造方法。

【請求項30】 請求項19～29のいずれか一項に記載の製造方法によりハニカム構造体を製造後、触媒を担持することを特徴とする触媒付きハニカム構造体の製造方法。

【請求項31】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体を得、次いで、該ハニカム体の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、該流路入口端面及び該流路出口端面で互い違いに目封じして目封じハニカム体を作製し、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質からなる接合層を、該目封じハニカム体における該流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該目封じハニカム体を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法。

【請求項32】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、該ハニカム体を焼成してハニカム部材を得、次いで、該ハニカム部材の、流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、該流路入口端面及び該流路出口端面で互い違いに目封じしてハニカムフィルター部材を作製し、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質からなる接合層を、該ハニカムフィルター部材における該流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカムフィルター部材を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法。

【請求項33】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体を得、次いで、該ハニカム体の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、該流路入口端面及び該流路出口端面で互い違いに目封じして目封じハニカム体を作製し、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該目封じハニカム体における該流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該目封じハニカム体を、該接合層を介して接合して一体化した後、外形を加工し、その後焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法。

【請求項34】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、該ハニカム体の外形を加工し、次いで、該ハニカム体の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多

数の流通孔を、該流路入口端面及び該流路出口端面で互い違いに目封じして目封じハニカム体を作製し、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該目封じハニカム体における該流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該目封じハニカム体を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法。

【請求項35】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、該ハニカム体の外形を加工した後、焼成してハニカム部材を得、次いで、該ハニカム部材の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、該流路入口端面及び該流路出口端面で互い違いに目封じしてハニカムフィルター部材を作製し、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカムフィルター部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカムフィルター部材を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法。

【請求項36】 原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とし、次いで、該ハニカム体を焼成してハニカム部材とした後、該ハニカム部材の外形を加工し、次いで、該ハニカム部材の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、該流路入口端面及び該流路出口端面で互い違いに目封じしてハニカムフィルター部材を作製し、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカムフィルター部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカムフィルター部材を、該接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法。

【請求項37】 該接合層を、連続的に形成することを特徴とする請求項31～36のいずれか一項に記載のハニカムフィルターの製造方法。

【請求項38】 請求項31～37のいずれか一項に記載の方法で得られたハニカムフィルターの外形を、更に加工することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法。

【請求項39】 請求項31～38のいずれか一項に記載の製造方法で得られるハニカムフィルターの側面の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填材を塗布することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法。

【請求項40】 該接合層を一部に形成した面のうち、

接合層が形成されていない部分の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填材を配設することを特徴とする請求項31～39のいずれか一項に記載のハニカムフィルターの製造方法。

【請求項41】 該ハニカム体及び該接合材の主成分が、コーゼライト、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素、窒化珪素、リチウムアルミニウムシリケート、チタン酸アルミニウム及びこれらの組み合わせよりなる群から選ばれる少なくとも1種のセラミックス、Fe-Cr-Al系金属、又は金属SiとSiCからなることを特徴とする請求項31～40のいずれか一項に記載のハニカムフィルターの製造方法。

【請求項42】 請求項31～41のいずれか一項に記載の製造方法によりハニカムフィルターを製造後、触媒を担持することを特徴とする触媒付きハニカムフィルターの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関等の熱機関、又はボイラー等の燃焼装置の排気ガス浄化装置や、液体燃料又は気体燃料の改質装置等に用いられる触媒担持用のハニカム構造体とハニカムフィルター、及びそれらの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、内燃機関等の熱機関又はボイラー等の燃焼装置の排気ガス浄化装置や、液体燃料又は気体燃料の改質装置等に、触媒成分を担持したハニカム構造体を用いられている。また、ディーゼルエンジンから排出される排気ガスのような含塵流体中に含まれる粒子状物質を捕集除去するために、ハニカムフィルターを用いることが知られている。

【0003】 このような目的で使用されるハニカム構造体又はハニカムフィルターは、排気ガスの急激な温度変化や局所的な発熱にさらされて内部に不均一な温度分布が生じやすく、それが原因でクラックが発生する等の問題があった。特に、ディーゼルエンジンの排気中の粒子状物質を捕集するハニカムフィルターとして用いられる場合には、溜まったカーボン微粒子を燃焼させて除去することが必要であり、この際に局所的な高温化が避けられないため、大きな熱応力が発生し易く、クラックが発生し易かった。ここで、熱応力の発生は、温度分布の不均一により、ハニカム構造体各部の熱膨張変形が異なるのに対し、各部が互いに拘束されて自由に変形できないことによるものである。

【0004】 また、使用目的によりハニカム構造体が大型化する場合には、複数のハニカム部材を接合部材により接合して一体化したハニカム構造体又はハニカムフィルターを作成することが知られており、この場合も、発生する熱応力を低減させる工夫が必要となる。

【0005】 熱応力を低減する方策として、従来、例

えば、USP4335783号公報には、多数のハニカム部材を不連続な接合部材で接合するハニカム構造体の製造方法が開示されている。しかし、このハニカム構造体では、熱応力が、主に流通孔が貫通する両端面外周部近傍に発生するということが考慮されていないため、熱応力を必ずしも十分に緩和するものではなかった。また、接合部材が、不連続に設けられているため、ハニカム部材の接合強度が充分ではなく、得られるハニカム構造体の機械的強度が必ずしも充分なものではなかった。

【0006】 また、特公昭61-51240号公報には、セラミック材料よりなるハニカム構造のマトリックス部材を押出し成形し、焼成後その外周部を加工して平滑にした後、その接合部に焼成後の鉋物組成がマトリックス部材と実質的に同一で、かつ熱膨脹率の差が800℃において0.1%以下となるセラミック接合材を塗布し、焼成する耐熱衝撃性回転蓄熱体が提案されている。しかしながら、この耐熱衝撃性回転蓄熱体でも、熱応力が、主に流路入口端面及び流路出口端面の外周部近傍に発生するにもかかわらず、ハニカム部材がこれら両端面外周部で接合されているため、熱応力を必ずしも十分に緩和するものではなかった。

【0007】 また、1986年のSAE論文860008には、コーゼライトのハニカム部材を同じくコーゼライトセメントで接合したセラミックハニカムフィルターが開示されている。しかしながら、このハニカムフィルターでも、流路入口端面外周部及び出口端面外周部まで接合されている点で、前述のハニカム構造体等と同様であり、やはり熱応力を必ずしも十分に緩和するものではなかった。

【0008】 さらに、特開平8-28246号公報には、複数のハニカムセラミック部材を、少なくとも三次元的に交錯する無機繊維と無機粒子とを、無機バインダー、及び有機バインダーを介して相互に結合してなる弾性質シール部材で接着したセラミックハニカムフィルターが開示されている。しかし、このハニカムフィルターでも、ハニカム部材とシール部材が同材質でなく、また、流路入口端面外周部及び出口端面外周部まで接着されているため、その端面に発生する熱応力を緩和できないという問題点があった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、このような従来の課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、使用時における熱応力によるクラック発生が生じない耐久性に優れたハニカム構造体、ハニカムフィルター、及びそれらの製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、隔壁により仕切られた多数の流通孔を有するハニカム部材を複数備え、この複数のハニカム部材が、ハニカム部材と

実質的に同材質の接合部材により、流通孔の流路方向と実質的に平行な面で接合され、該複数のハニカム部材が一体化されてなるハニカム構造体であって、ハニカム部材における接合面が、少なくとも、流路入口端面外周部及び／又は流路出口端面外周部に接続する端部を含んで、未接合部を有することを特徴とするハニカム構造体が提供される。

【0011】 また、本発明によれば、隔壁により仕切られ、流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流通孔が貫通する流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じされているハニカムフィルター部材を複数有し、このハニカムフィルター部材が、該ハニカムフィルター部材と実質的に同材質の接合部材により、該流通孔の流路方向と平行な面が接合され、該複数のハニカム部材が一体化されてなるハニカムフィルターであって、このハニカムフィルター部材における接合面が、少なくとも、流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を含んで、未接合部を有することを特徴とするハニカムフィルターが提供される。

【0012】 これらハニカム構造体及びハニカムフィルター（以下、「ハニカム構造体等」と省略していうことがある。）においては、ハニカム部材及び接合部材の主成分が金属SiとSiCからなり、ハニカム部材の $Si / (Si + SiC)$ で規定されるSi含有量が5～50重量％であり、接合部材の $Si / (Si + SiC)$ で規定されるSi含有量が、接合されるハニカム部材と同等かそれより多く、かつ10～80重量％であるものとすることもできる。

【0013】 また、本発明のハニカム構造体等においては、接合部材が、接合面に、連続的に配設されていることが好ましく、接合面の未接合部が、流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部から流通孔の流路方向に、同方向におけるハニカム構造体の全長に対し、10％以上の長さで設けられていること、又は流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部から各端面の中心方向に、同方向におけるハニカム構造体の全幅に対し、10％以上の長さで設けられていることが好ましい。

【0014】 さらに、本発明のハニカム構造体等においては、接合面の未接合部の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填部材が配設されていることが好ましく、この際、充填部材のヤング率が、ハニカム部材のヤング率の80％以下であること、又は充填部材の材料強度が、ハニカム部材の材料強度より小さいこと、の少なくともいずれか一方を満足することが好ましい。

【0015】 さらにまた、本発明のハニカム構造体等においては、ハニカム部材の主成分が、コーゼライト、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素、窒化珪素、リチウムアルミニウムシリケート、チタン酸アルミニウム及びこれらの組み合わせよりなる群から選ばれる少なくとも1種のセラミックス、又はFe-Cr-Al

系金属であることが好ましい。また、ハニカム部材の隔壁上に、触媒を担持させることもできる。

【0016】 他方、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体を得、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、ハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数のハニカム体を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法が提供される。

【0017】 また、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、ハニカム体を焼成してハニカム部材を得、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、ハニカム部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数のハニカム部材を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法が提供される。

【0018】 さらに、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、ハニカム体の外形を加工し、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、ハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム体を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法が提供される。

【0019】 さらにまた、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体を得、次いで、該ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、該ハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム体を、該接合層を介して接合して一体化した後、外形を加工し、その後焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法が提供される。

【0020】 さらにまた、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、ハニカム体の外形を加工した後、焼成してハニカム部材を得、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、ハニカム部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数のハニカム部材を、接合層を介して接合して一体化した

後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法が提供される。

【0021】 さらにまた、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とし、次いで、ハニカム体を焼成してハニカム部材とした後、ハニカム部材の外形を加工し、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、ハニカム部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の該ハニカム部材を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカム構造体の製造方法が提供される。

【0022】 他方、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体を得、次いで、ハニカム体の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じして目封じハニカム体を作製し、次いで、ハニカム体と実質的に同材質からなる接合層を、目封じハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の目封じハニカム体を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法が提供される。

【0023】 また、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、ハニカム体を焼成してハニカム部材を得、次いで、ハニカム部材の、流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じしてハニカムフィルター部材を作製し、次いで、ハニカム体と実質的に同材質からなる接合層を、ハニカムフィルター部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数のハニカムフィルター部材を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法が提供される。

【0024】 さらに、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体を得、次いで、ハニカム体の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じして目封じハニカム体を作製し、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、目封じハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の目封じハニカム体を、接

合層を介して接合して一体化した後、外形を加工し、その後焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法が提供される。

【0025】 さらにまた、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、ハニカム体の外形を加工し、次いで、ハニカム体の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じして目封じハニカム体を作製し、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、目封じハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数の目封じハニカム体を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法が提供される。

【0026】 さらにまた、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とした後、更に、ハニカム体の外形を加工した後、焼成してハニカム部材を得、次いで、ハニカム部材の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じしてハニカムフィルター部材を作製し、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、ハニカムフィルター部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数のハニカムフィルター部材を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法が提供される。

【0027】 さらにまた、本発明によれば、原料粉末、バインダー及び水を混練し、得られた混練物を成形、乾燥してハニカム体とし、次いで、該ハニカム体を焼成してハニカム部材とした後、該ハニカム部材の外形を加工し、次いで、該ハニカム部材の流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じしてハニカムフィルター部材を作製し、次いで、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、ハニカムフィルター部材における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成し、次いで、複数のハニカムフィルター部材を、接合層を介して接合して一体化した後、焼成することを特徴とするハニカムフィルターの製造方法が提供される。

【0028】 これらハニカム構造体等の製造方法では、接合層を、連続的に形成することが好ましい。また、得られたハニカム構造体等の外形を、更に加工してもよい。

【0029】 また、ハニカム構造体等の側面の少なく

とも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填材を塗布することが好ましく、ハニカム構造体等を製造後、触媒を担持してもよい。

【0030】 また、接合層を一部に形成した面の、接合層が形成されていない部分の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填材を配設することが好ましい。

【0031】 ハニカム部材及び接合層の主成分としては、コーゼライト、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素、窒化珪素、リチウムアルミニウムシリケート、チタン酸アルミニウム及びこれらの組み合わせよりなる群から選ばれる少なくとも1種のセラミックス、Fe-Cr-Al系金属、又は金属SiとSiCからなることが好ましい。

【0032】

【発明の実施の形態】 本発明のハニカム構造体等は、複数のハニカム部材又はハニカムフィルター部材（以下、「ハニカム部材等」と省略していうことがある。）が、ハニカム部材と実質的に同材質の接合部材により接合されているため、ハニカム部材と接合部材のフィルター使用時における熱膨張率が略同一となり、熱応力の発生を抑制することができる。

【0033】 また、本発明者の鋭意検討によると、熱応力は流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部で極めて大きいことが分かっており、本発明では、接合面を、この部分に接続する端部を少なくとも含んで、一部に未接合部を有するように構成しているため、前述した接合材による熱応力低減効果に加え、更に効果的にハニカム構造体等に発生する熱応力を低減することができ、クラック等が発生しない、耐久性に優れたハニカム構造体等とすることができる。

【0034】 以下、本発明に係るハニカム構造体等の各構成要件について詳しく説明する。

【0035】 本発明に係るハニカム構造体は、隔壁により仕切られた多数の流通孔を有するハニカム部材を複数一体化してなるものであり、本発明のハニカムフィルターは、隔壁により仕切られ、流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じされてなるハニカムフィルター部材を複数一体化してなるものである。

【0036】 本発明におけるハニカム部材等において、流通孔の断面形状（セル形状）は、製作上の観点から、三角形、四角形、六角形又はコルゲート形状のいずれかであることが好ましい。

【0037】 また、隔壁により形成されるセルのセル密度は、ハニカム部材としての強度及び有効GSA（幾何学的表面積）、更にはガスが流れる場合の圧力損失を考慮して、6～2000セル/平方インチ（0.9～311セル/cm²）が好ましく、50～400セル/平方インチ（7.8～62セル/cm²）が更に好まし

い。

【0038】 また、ハニカム部材の形状としては、例えば、円柱形状を、その中心軸を通るように軸方向に3分割又は4分割に切断し、軸方向と垂直方向の断面形状が、扇形となるような形状のもの；円柱形状を、軸方向に一定間隔で9分割以上に切断し、軸方向と垂直方向の断面形状が、各セグメントで扇形、四角等の異なる形状となるもの等を挙げることができる。中でも、接触面を、多数、且つ3次元的に設けることによりハニカムフィルターの熱応力を低減することができる点から、ハニカム部材を9分割以上に切断した形状のものが好ましい。

【0039】 他方、本発明におけるハニカム部材は、強度、耐熱性等の観点から、コーゼライト、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素、窒化珪素、リチウムアルミニウムシリケート、チタン酸アルミニウム及びこれらの組み合わせよりなる群から選ばれる少なくとも1種のセラミックス、Fe-Cr-Al系金属からなることが好ましく、中でも、熱伝導率が高く放熱しやすいという点で炭化珪素が好ましい。

【0040】 また、本発明においては、金属SiとSiCを主成分とすることも好ましく、この際には、ハニカム部材のSi/(Si+SiC)で規定されるSi含有量が、5～50重量%であることが好ましく、10～40重量%であることがさらに好ましい。5重量%未満ではSiによる結合が不十分であるため、熱伝導率、強度が不足する場合があります、一方、50重量%を超えると過度に収縮してしまい、気孔率低下、気孔径縮小などの弊害を生じる場合がある。

【0041】 本発明においては、流通孔を目封じする目封じ部材について特に制限はなく、例えば、ハニカム部材と同様のセラミックス及び/又は金属からなるものを挙げることができる。

【0042】 本発明においてハニカム部材は、上述したセラミックス及び/又は金属からなる原料粉末に、バインダー及び水を所定量投入した後、混練し、得られた混練物を、成形して所望の形状とした後、成形体の乾燥を行ってハニカム体を得、最後に、このハニカム体を焼成することにより得ることができる。

【0043】 本発明におけるハニカム部材は、寸法精度を向上させるために、後述する接合材による接合前に、その外形を加工しておくことが好ましい。また、この外形の加工は、成形して得られるハニカム体に対して行ってよい。

【0044】 本発明で用いられるバインダーとしては、例えば、ヒドロキシメチルセルロース、メチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロース、又はポリビニルアルコール等を挙げることができ、これらバインダーは、一種単独で又は二種以上を組み合わせ用いることができる。

【0045】 また、本発明では、その他に、成形助剤として一般的に使用されるエチレングリコール、デキストリン、脂肪酸石鹸、又はポリアルコール等を必要に応じて添加してもよい。

【0046】 投入する水の量は、通常、上述した粉末原料100重量部に対して、10～40重量部程度であり、水を投入後、得られた混合原料を、真空土練機等で混練し、可塑性とする。

【0047】 成形方法は、押出成形が好ましく、例えば、ラム式押出し成形機、2軸スクリー式連続押出成形装置等を用いて行うことができる。

【0048】 また、乾燥方法としては、例えば、熱風乾燥、マイクロ波乾燥、誘電乾燥、減圧乾燥、真空乾燥、凍結乾燥等を挙げることができ、中でも、誘電乾燥、マイクロ波又は熱風乾燥を単独で又は組合せて行うことが好ましい。更に、焼成条件については、用いる材料の種類により適宜所望の条件を選択すればよい。

【0049】 また、本発明のハニカムフィルターにおいて、流通孔を目封じする際には、成形乾燥後のハニカム体の流通孔を目封じして目封じハニカム体としてもよく、更に焼成した後のハニカム部材の流通孔を目封じしてハニカムフィルター部材としてもよい。中でも、目封じ部材の接合強度が大きい点で、ハニカム体の流通孔を目封じして目封じハニカム体とすることが好ましい。

【0050】 本発明においては、複数のハニカム部材等が、ハニカム部材と実質的に同材質の主成分からなる接合部材により、流通孔の流路方向と実質的に平行な面が接合されて一体化されてなるものであり、接合面が、少なくとも、流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を含む未接合部を有している。

【0051】 ここで、本明細書中、「接合面」とは、一部に接合材が配設されている面を意味する。また、「未接合部」とは、接合面のうち、接合材の配設されていない部分を意味する。更に、「実質的に平行な面」とは、複数のハニカム部材を接合する際に障害にならない範囲で厳密な意味で平行でない面も含む意味である。

【0052】 本発明においては、接合部材は、接合面に不連続的に2箇所以上で配設されているもの、接合面に連続的に配設されているもの、のいずれでもよいが、ハニカム部材等の接合強度を高くできる点で、接合面に連続的に配設されているものが好ましい。

【0053】 また、接合部材の形状としては、例えば、ハニカム構造体の軸方向の断面形状が、三角形、長方形、正方形、菱形、台形、楕円、円形、トラックサークル形状、半楕円形、又は半円形の等を挙げることができるが、フィルター全体の温度を均一化し易い点で、楕円、円形、トラックサークル形状等が好ましい。

【0054】 未接合部は、ハニカム構造体等の流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部から流通孔の流路方向に、同方向のハニカム構造体等の全長に対し、10

%以上の長さで形成されていることが好ましく、30%以上の長さで形成されていることがより好ましい。この範囲であれば、ハニカム構造体等全体の熱応力を効果的に低減することができ、クラック等の発生を抑制し耐久性を向上させることができる。

【0055】 また、未接合部は、更にハニカム構造体等の流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部から各端面の中心方向に、同方向のハニカム構造体等の全幅に対して10%以上の長さで形成されていることが好ましく、30%以上の長さで形成されていることがより好ましい。これにより、より熱応力を低減することができ、耐久性を更に向上させることができる。

【0056】 また、本発明においては、接合部をハニカム構造体等の略中心部に設け、未接合部が、接合面におけるハニカム構造体等の側面、流路出口端面及び流路入口端面に接続する部分全部を含んで設けられていることが好ましい。これにより、ハニカム構造体等で熱応力が発生し易い部分がいずれも容易に変形が可能となり、クラック等の発生を高度に抑制することができる。

【0057】 更に、本発明においては、未接合部が、各部の変形に偏りを生じにくい点で、ハニカム構造体等の中心軸を基準に線対称に配置されていることが好ましいが、例えば、図11(a)～(d)に示すように、未接合部12を、ハニカム構造体等の中心軸を基準に、非線対称に配置するものであってもよい。

【0058】 他方、本発明における接合材は、上述の通り、ハニカム部材と実質的に同材質のものである。

【0059】 具体的には、ハニカム部材のところで述べたコーージェライト、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素、窒化珪素、リチウムアルミニウムシリケート、チタン酸アルミニウム及びこれらの組み合わせよりなる群から選ばれる少なくとも1種のセラミックス、又はFe-Cr-Al系金属等からなり、ハニカム部材の成分と対応させたものを挙げることができる。

【0060】 他方、ハニカム部材が金属SiとSiCとを主成分とする場合には、接合材も金属SiとSiCとを主成分とすることが好ましいが、この際には、Si/(Si+SiC)で規定されるSi含有量が、接合されるハニカム部材と同等かそれより多く、かつ10～80重量%であることが好ましい。Si含有量がハニカム部材に比べて同等未満では、十分な接合強度が得られない場合があり、80重量%を超えると、高温での耐酸化性が不十分となる場合がある。

【0061】 本発明において、接合部材は、ハニカム体と実質的に同材質の接合層を、ハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面に、少なくとも流路入口端面外周部又は流路出口端面外周部に接続する端部を除いて一部に形成した後、焼成することにより設けることができる。

【0062】 もっとも、本発明のハニカム構造体にお

いては、成形、乾燥後のハニカム体をさらに焼成して得たハニカム部材に接合層の形成した後、焼成することにより接合部材を設けることもできる。また、本発明のハニカムフィルターにおいても、ハニカム体の流通孔を目封じした目封じハニカム体に接合層の形成した後、焼成することにより接合部材を設けてもよく、ハニカム部材を目封じしたハニカムフィルター部材に接合層の形成した後、焼成することにより接合部材を設けてもよい。

【0063】 接合層を形成する方法としては、所定の面にハニカム体と実質的に同材質のスラリーを直接塗布しても良いが、所定の厚みを確保するために、同様の材質のもので形成した所定の厚みのプレートを用い、これに同材質のスラリーを塗布して接合することが好ましい。また、接合層は、ハニカム部材等の接合強度を大きくするために、連続的に形成することが好ましい。

【0064】 本発明のハニカム構造体等は、このように接合層を形成したハニカム体又は等の複数を一体化した後焼成して得ることができる。焼成条件は、接合する上で好適な条件であればよく、接合材の材料に応じて適宜好適な熱処理温度を選択すればよい。但し、一般には200～400℃の温度で行うことが好ましい。

【0065】 本発明においては、未接合部の少なくとも一部に、耐熱無機材料を主成分とする充填部材が配設されていることが好ましい。これにより、ガスなど流体の未接合部からの吹き抜け（通り抜け）を防止することができる。

【0066】 尚、本発明のハニカムフィルターに充填部材を配設する場合は、充填部材を、少なくとも未接合部により形成される空隙が流路入口端面に露出する部分全てを閉塞するように、未接合部の一部に配設することが好ましい。これにより、未接合部に煤が堆積することを防止するとともに、流路入口端面16側に配設された充填部材と接合材間、及び流路出口端面14に露出する空隙によりハニカムフィルターに生じる熱応力を高度に低減することができる。

【0067】 耐熱無機材料を主成分とする充填部材としては、耐熱性を有するセラミックスファイバー、セラミックス粉、セメント等を単独で、あるいは混合して用いることが好ましく、更に必要に応じて、有機バインダー、無機バインダー等を混合して用いてもよい。

【0068】 また、本発明における充填部材としては、①ヤング率が、ハニカム部材のヤング率の80%以下であること、②材料強度が、ハニカム部材の材料強度より小さいこと、の少なくともいずれか一方を満足することが好ましく、これらの両方を満足することがより好ましい。

【0069】 少なくとも、これらいずれか一方を満足すると、熱応力低減効果が大きく、ハニカム構造体等の耐久性がさらに向上するからである。ここで、ヤング率は、静的弾性率試験法により荷重と変位量の関係から測

定算出したものであり、材料強度は、材料試験機を用いて4点曲げ強度試験（JIS1601）により測定したものである。

【0070】 本発明においては、さらに、得られたハニカム構造体等の側面の少なくとも一部に上述した充填材を塗布して、耐熱性を向上させることも好ましい。

【0071】 尚、充填部材は、ハニカム部材等又はハニカム体等を一体化して焼成した後に、充填材を充填し、乾燥、更に必要に応じて焼成して配設してもよく、一体化して焼成する前に充填材を充填した後、ハニカム部材等又はハニカム体等とともに焼成して配設してもよい。

【0072】 また、本発明においては、容器等の寸法合わせ等を考慮して、一体化した後にハニカム部材等（ハニカム構造体等）の外形を加工してもよく、更に焼成した後にハニカム部材等（ハニカム構造体等）の外形を加工してもよい。

【0073】 本発明において、一体化したハニカム構造体等は、流通孔の流路方向に垂直方向の断面形状が、円、楕円、レーストラック等、各種の形状を採り得る。

【0074】 また、本発明においては、このようなハニカム構造体等を、触媒担体として内燃機関等の熱機関若しくはボイラー等の燃焼装置の排気ガスの浄化、又は液体燃料若しくは気体燃料の改質に用いようとする場合には、ハニカム部材等に例えば、Pt、Pd、Rh等の触媒能を有する金属少なくとも1種を担持することが好ましい。

【0075】 また、ハニカムフィルターとして用いる場合には、捕捉された粒子状物質が隔壁上に堆積してくると、目詰まりを起こしてフィルターとしての機能が低下するので、定期的にヒーター等の加熱手段でハニカムフィルターを加熱することにより、粒子状物質を燃焼除去し、フィルターを再生することを行う。従って、ハニカムフィルターの場合には、フィルター再生時の粒子状物質の燃焼を促進するために、隔壁上にそのような触媒能を有する金属を担持させてもよい。

【0076】 以下、本発明を図面に示す実施形態に基づき更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではない。

【0077】 図1(a)(b)(c)(d)は本発明に係るハニカム構造体の各種実施例を示す斜視図である。図1(a)(b)(c)(d)に示すハニカム構造体10は、隔壁により仕切られた軸方向（流路方向）（図1(a)(b)(c)(d)で、X方向で示す。）に貫通する多数の流通孔11を有するハニカム部材21を4個接合して構成されている。また、ハニカム部材21は、ハニカム部材21と実質的に同材質の接合部材25により、流通孔11の流路方向Xと実質的に平行な面（接合面）22で接合されており、この接合面22のうち、未接合部12は、流路出口端面外周部15に接続す

る端部18を含んで設けられ、接合部材25は、連続的に配設されている。

【0078】 ここで、図1(a)に示すハニカム構造体10は、未接合部12が、接合面22のうち、流路出口端面14及び側面13に接続する部分の一部を含んで、側面13からハニカム構造体10の中心方向Yの幅が流路入口端面16方向に徐々に小さくなるように斜めに形成されている。また、図1(b)に示すハニカム構造体10は、未接合部12が、同様に流路出口端面14及び側面13に接続する部分の一部を含んで形成されているが、未接合部12の形状が矩形であり、側面13からハニカム構造体10の中心方向Yの幅が流路入口端面16方向に同一になるように形成されている。また、図1(c)に示すハニカム構造体10は、未接合部12が、接合面22のうち、側面13に接続する部分全体と、流路出口端面14に接続する一部を含んで、側面13からハニカム構造体10の中心方向Yの幅が流路入口端面16方向に徐々に小さくなるように斜めに形成されている。また、図1(d)に示すハニカム構造体10は、未接合部12が、接合面22のうち、側面13に接続する部分全体と、流路出口端面14及び流路入口端面16に接続する一部を含んで、側面13からハニカム構造体10の中心方向Yの幅が流路出口端面方向に同一になるように形成されている。

【0079】 図1(a)(b)(c)(d)に示すハニカム構造体10では、局所的な高温又は低温のような温度分布の不均一が生じてても、ハニカム構造体10の各部が互いに拘束されずに自由に変形でき、熱応力が低減され、クラックの発生が極力防止される。

【0080】 特に、図1(c)(d)に示すハニカム構造体10では、ハニカム構造体10全体で熱応力を低減する効果が大きいため、温度の不均一がハニカム構造体10全体に及ぶような使用環境において特に有効である。

【0081】 図2(a)(b)に示すハニカム構造体10は、ハニカム部材21を3個接合して構成されるものである。図2(a)に示すハニカム構造体10は、図1(c)と同様に、未接合部12が、接合面22のうち、側面13に接続する部分全体と、流路出口端面14に接続する一部を含んで、側面13からハニカム構造体10の中心方向Yの幅が流路入口端面16方向に徐々に小さくなるように斜めに形成されている。また、図2(b)に示すハニカム構造体10は、図1(d)と同様に、未接合部12が、接合面22のうち、側面13に接続する部分全体と、流路出口端面14及び流路入口端面16に接続する一部とを含んで、側面13からハニカム構造体10の中心方向Yの幅が流路入口端面16方向に同一になるように形成されている。

【0082】 このようなハニカム構造体でも、図1(a)(b)(c)(d)に示すハニカム構造体10と

略同様の熱応力低減効果を発揮することができる。

【0083】 図3(a)(b)は、本発明に係るハニカム構造体の他の実施例を示す斜視図である。

【0084】 図3(a)に示すハニカム構造体10は、未接合部12が、接合面22のうち、ハニカム構造体10の側面13に接続する部分の一部と、流路出口端面14に接続する部分の全部とを含んで設けられている。また、この例では、未接合部12が、端面外周部15の2点(A, B)、(C, D)を連続的につないで流路出口端面14の中央部で交差するように設けられている。

【0085】 このようなハニカム構造体10では、流路出口端面14における熱応力の低減効果が大きいという利点を有する。

【0086】 図3(b)に示すハニカム構造体10は、更に、未接合部12が、接合面22のうち、ハニカム構造体10の側面13に接続する部分の一部と、流路入口端面16に接続する部分の全部とを含んで設けられ、未接合部12が、流路出口端面14と同様に、端面外周部17の2点(図示せず)を連続的につないで流路入口端面16の中央部で交差するように設けられている。

【0087】 このようなハニカム構造体10では、流路出口端面14と流路入口端面16とで熱応力の低減効果が大きく、クラックの発生を更に抑制することができる。

【0088】 図4(a)(b)(c)(d)に示すハニカム構造体10は、接合部材25がハニカム構造体10の中心部に配設され、未接合部12が、接合面22のうち、ハニカム構造体10の側面13、流路出口端面14及び流路入口端面16に接続する部分全部を含んで設けられているものである。図4(a)は、接合部材25の断面形状が長方形の場合、図4(b)は、接合部材25の断面形状が円形の場合、図4(c)は、接合部材25の断面形状がレールトラック形の場合、図4(d)は、接合部材25の断面形状が菱形の場合をそれぞれ示す。

【0089】 このようなハニカム構造体10では、極めて熱応力の低減効果が大きく、局所的な高温又は低温の如く温度の不均一が大きく、その不均一がハニカム構造体の全体にわたって分布するような場合においても、クラック等を生じないハニカム構造体とすることができる。

【0090】 一方、図5(a)(b)(c)(d)に示すハニカム構造体10は、未接合部12が、接合面22のうち、ハニカム構造体10の側面13及び流路出口端面14に接続する部分の全部と、流路入口端面16に接続する部分の一部とを含んで設けられ、接合部材25の一部が、ハニカム構造体10の流路入口端面16に露出して設けられているものである。

【0091】 このハニカム構造体では、特に、流路出口端面14及び側面13における熱応力を低減する効果が大きいという利点を有する。

【0092】 図6(a)(b)及び図7(a)(b)に示すハニカム構造体10は、図4(a)(b)(c)(d)に示すハニカム構造体10と同様に、未接合部12が、接合面22のハニカム構造体10の側面13、流路出口端面14及び流路入口端面16に接続する部分全部を含んで設けられているものであり、更に、ハニカム部材14を9個接合して構成することにより、接合面22を多数設けたものである。

【0093】 図6(a)(b)に示すハニカム構造体10は、図4(a)と同様に、接合部材25の断面形状が長方形の場合を示しており、図7(a)(b)に示すハニカム構造体10は、接合部材25の断面形状が楕円形の場合を示している。

【0094】 このハニカム構造体10では、図4(a)～(d)に示すハニカム構造体10のところで述べた効果に加え、未接合部12をハニカム構造体10中に、多数かつ均一に設けることができるため、ハニカム構造体10の熱応力を極めて低減することができる。

【0095】 図8(a)(b)に示すハニカム構造体10は、図4(a)(b)(c)(d)に示すハニカム構造体10と同様に、4個のハニカム部材21を、接合部材25で接合したものであり、接合部材25がハニカム構造体10の中心部に配設され、未接合部12が、接合面22のハニカム構造体10の側面13、流路出口端面14及び流路入口端面16に接続する部分全部を含んで設けられている。また、このハニカム構造体10では、充填部材24が、接合部材25の周囲に側面13の一部に露出するように未接合部12の一部に配設されており、充填部材24が配設されず空隙を形成している未充填部31が、接合面22のうち、ハニカム構造体10の側面13の一部に接続する部分の一部と、流路出口端面14及び流路入口端面16に接続する部分の全部とを含んで設けられている。

【0096】 このハニカム構造体10では、充填部材24の存在により、流体が、未接合部12を流路方向に流れることがなく、流体の吹き抜けを防止することができるとともに、流路出口端面14及び流路入口端面16に接続する部分の全部に未充填部31が設けられているため、熱応力の低減効果が極めて大きいという利点を有する。

【0097】 図9(a)(b)に示すハニカム構造体10は、図6(a)(b)に示すハニカム構造体10と同様に、ハニカム部材14を9個接合して構成することにより、接合面22を多数設けたものであることの他は、図8(a)(b)に示すハニカム構造体10と同様の構成としたものである。

【0098】 このハニカム構造体10では、図8

(a)(b)に示すハニカム構造体10のところで述べた効果に加え、未接合部12をハニカム構造体10中に、多数かつ均一に設けることができるため、ハニカム構造体10の熱応力を極めて低減することができる。

【0099】 図10(a)(b)(c)は、ハニカムフィルターとして用いる場合の実施形態を示すものである。図10(a)(b)(c)に示すハニカムフィルター1では、図4(a)(b)(c)(d)に示すハニカム構造体10と同様に、4個のハニカムフィルター部材33を、接合部材25で接合したものであり、接合部材25がハニカムフィルター1の中心部に配設され、未接合部12が、接合面22のハニカムフィルター1の側面13、流路出口端面14及び流路入口端面16に接続する部分全部を含んで設けられている。また、このハニカムフィルター1では、充填部材24を、未接合部12により形成される空隙が流路入口端面16に露出する部分全てを閉塞するように未接合部12の一部に配設されており、流路入口端面16側に配設された充填部材24と接合部材25間、及び流路出口端面14に露出して、充填材が配設されず空隙を形成している未充填部31が形成されている。

【0100】 このハニカムフィルター1では、ガス流入側の未充填部31に排ガス中のすすが堆積することなく、ハニカムフィルターとして好適に用いることができるとともに、流路出口端面14及び流路入口端面16の近傍に空隙が形成されているため、極めて熱応力の低減効果が大きいという利点を有する。

【0101】 次に、本発明に係るハニカム構造体及びハニカムフィルターの製造方法の例について説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0102】 (製造例1) 原料として、SiC粉75重量%及び金属Si粉25重量%の混合粉末を使用し、これにメチルセルロース及びヒドロキシプロポキシメチルセルロース、界面活性剤及び水を添加し、可塑性の坯土を作製した。

【0103】 次いで、この坯土を押出成形して、それぞれ、円柱形状を軸方向に一定間隔で9分割に切断して得られる軸方向と垂直方向の断面形状が、扇形、四角等の異なる形状を有し、隔壁の厚さが0.3mm、セル密度が31セル/cm²のハニカム体を複数作製した。

【0104】 次いで、これら複数のハニカム体をマイクロ波及び熱風で乾燥後、ハニカム体における流通孔の流路方向と実質的に平行な面の略中央部分に坯土と同じ組成の接合層を形成し、その後、この各ハニカム体を、この接合層を介して接合させることにより、一体に組立てた後、乾燥した。得られた組立後の乾燥体をN₂雰囲気中約400℃で脱脂し、その後、Ar等の不活性雰囲気中で約1550℃で焼成した。焼成後、未接合部の外周部に、例えば、アルミノシリケート質ファイバー、SiC粉、金属Si粉、有機バインダー、無機バインダ

一、及び水を含む充填材を幅5～10mmに充填し、約100℃で乾燥することにより、寸法が、144mmφ×152mmL、接合部の隙間が2mmである図9に示すハニカム構造体を作製することができた。

【0105】（製造例2）製造例1において、端面形状が50mm×50mmの角柱形状のハニカム体を成形し、複数のハニカム体を接合して一体化した後、焼成し、得られたハニカム構造体の外形を加工して、寸法が、144mmφ×152mmLの円柱形状としたこと及び、次いで、接合層と同様の坯土を周を塗布し焼成することにより、ハニカム構造体を作製したこと以外は製造例1と同様にして図9に示すハニカム構造体を作製することができた。

【0106】（製造例3）製造例1と同様にして、端面形状が50mm×50mmの角柱形状のハニカム体を成形し、複数のハニカム体を接合して一体化した後、焼成し、得られたハニカム構造体の外形を加工して、寸法が、144mmφ×152mmLの円柱形状としたこと及び、次いで、充填材で外周を塗布し乾燥することにより、ハニカム構造体を作製したこと以外は製造例1と同様にして図9に示すハニカム構造体を作製することができた。

【0107】（製造例4）ハニカムフィルターは、ハニカム部材流路の両端面を互い違いに目封じする工程を行う以外は、上記した製造例1～3同様の方法により、製造することができた。

【0108】

【実施例】 以下、本発明を具体的な実施例に基づいて更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0109】 実施例1

製造例1により、寸法が144mmφ×152mmL、隔壁の厚さが0.3mm、セル密度が31セル/cm²のSiC製ハニカム体の、流路入口端面及び流路出口端面に貫通する多数の流通孔を、流通孔が貫通する流路入口端面及び流路出口端面で互い違いに目封じしたディーゼルエンジン排気浄化パーティキュレートハニカムフィルターを作製した。また、このハニカムフィルターでは、図1(a)に示すように、未接合部12を、接合面22のうち、流路出口端面（上端面）14及び側面13に接続する部分の一部を含んで、側面13からハニカム構造体10の中心方向Yの幅が流路入口端面16方向に徐々に小さくなるように斜めに設けており、未接合部12の長さを、流路出口端面（上端面）外周部15からハニカム構造体10の流路方向に30mm、流路出口端面（上端面）外周部15からハニカム構造体10の中心方向に50mmとした。

【0110】 実施例2～6、10

実施例1において、それぞれ、図1(d)、図3(a)、図3(b)、図4(a)、図4(b)、及び図

7に示す未接合部を有する構造としたこと及び、ハニカム構造体10の未接合部12間で形成される空隙が、流路入口端面（下端面）16に露出して形成される場合には、その露出する部分を、閉塞するように、表1に示す特性の充填部材25を深さ6mmで配設した以外は実施例1と同様のものを作製した。

【0111】 尚、表1中、ヤング率比とは、ハニカム部材のヤング率に対する充填材のヤング率の比であり、各ヤング率については、静的弾性率試験法により荷重と変位量の関係から測定算出した。また、強度とは、ハニカム部材に対する充填材の材料強度をいい、各材料強度については材料試験機を用いて4点曲げ強度試験（JIS1601）により測定した。また、充填材の方が強度が大きい場合を「大」、小さい場合を「小」と示した。

【0112】 実施例7～9

実施例6において、充填材を、表1に示すヤング率比及び強度のものをを用いたこと以外は、実施例6と同様のものを作製した。

【0113】 実施例11

実施例1において、未接合部12を、流路出口端面（上端面）外周部15からハニカム構造体10の中心方向に15mmの長さ、流路出口端面（上端面）外周部15からハニカム構造体10の流路方向に、5mmの長さで設けたこと以外は、実施例1と同様のものを作製した。

【0114】 実施例12、13

実施例1において、図3(a)に示す構造にするとともに、未接合部12を、それぞれ上端面外周部15からハニカム構造体10の流路方向に15、5mmの長さ、上端面外周部15からハニカム構造体10の中心方向に、15、5mmの長さで設けたこと以外は、実施例1と同様のものを作製した。

【0115】 比較例1

未接合部を有しない一体構造のものを作成したこと以外は実施例1と同様のものを作成した。

【0116】（評価）ハニカム構造体（ハニカムフィルター）10の側面13に把持材としてセラミック製無膨張マットを巻き、SUS409製のキャニング用缶体に押し込んでキャニング構造体とした後、ディーゼル燃料軽油の燃焼により発生させたすすを含む燃焼ガスを、ハニカム構造体（ハニカムフィルター）10の下端面16より流入させ、上端面14より流出させることにより、すすをハニカム構造体（ハニカムフィルター）10内に捕集し、次に一旦室温まで放冷した後、ハニカム構造体（ハニカムフィルター）10の下端面16より800℃で一定割合の酸素を含む燃焼ガスを流入させることにより、すすを燃焼除去するフィルタ再生試験を実施した。

【0117】 実施例1～10及び比較例1のハニカムフィルターでは、入口ガス温度を室温から800℃まで上昇させる過渡時間と、捕集すす重量を3種類（過渡時間：標準条件（300秒）、短（240秒）最短（18

0秒)) (捕集すす重量: 標準条件(10g/L)、大(14g/L)、最大(18g/L)) 設定し、試験を実施した際、ハニカム構造体の上端面(出口)、下端面(入口)、外周、内部のそれぞれの部位でのクラックの発生の有無を調査した。

【0118】 一方、実施例1、11~13のハニカムフィルターでは、捕集すす重量を定量的に10g/L~

20g/Lの6種類(過渡時間: 標準条件)で設定し、上述と同様にしてフィルタ再生試験を実施した。結果をまとめて表1及び2に示す。なお、クラックの発生については、全く発生しなかったものを○、少しでも発生したものを△で示した。

【0119】

【表1】

	構造	捕集すす量		最大				大短				標準			
		過渡時間		最短								標準			
		クラック調査部位		入口				入口				入口			
		充填材		出口				出口				出口			
		ヤング率比	強度												
実施例1	図1(a)	80%	小	△	△	△	△	△	○	○	○	△	○	○	○
実施例2	図1(d)	80%	小	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○
実施例3	図3(a)	80%	小	△	○	△	△	△	○	○	△	△	○	○	○
実施例4	図3(b)	80%	小	○	○	△	△	△	○	○	△	△	○	○	○
実施例5	図4(a)	80%	小	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○
実施例6	図4(b)	80%	小	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○
実施例7	図4(b)	83%	小	○	○	○	△	△	○	○	○	△	○	○	○
実施例8	図4(b)	80%	大	○	○	△	△	△	○	○	△	△	○	○	○
実施例9	図4(b)	85%	大	○	△	△	△	△	○	○	△	△	○	○	○
実施例10	図7	80%	小	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
比較例1	未接合部無し	80%	小	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○

【0120】

【表2】

構造		実施例1	実施例11	実施例12	実施例13
未接合部	中心方向長さ	50mm	15mm	15mm	5mm
	流路方向長さ	30mm	5mm	15mm	5mm
ハニカム構造体	直径	144mm	144mm	144mm	144mm
	全長	152mm	152mm	152mm	152mm
捕集すす量 (g/L)	10	○	○	○	○
	12	○	○	○	△
	14	○	△	○	△
	16	○	△	○	△
	18	○	△	○	△
	20	○	△	△	△

【0121】 表1からわかるように、標準条件の場合であっても、未接合部なし構造の比較例1のハニカム構造体においては、入口及び出口の端面にクラックの発生が認められるのに対し、実施例1~10のハニカムフィルター(図1(a)、図1(d)、図3(a)、図3(b)、図4(a)、図4(b)、図7)では、クラックの発生はなかった。

【0122】 なお、過渡時間を短くし捕集すす重量を増加させていくと、温度の不均一が大きくなり、図1(a)や図3(a)のように、ハニカムフィルターの外周部の一端面付近にのみ未接合部が形成されている場合には一部クラックの発生が生じることがあったが、図4(b)のように、未接合部が、接合面におけるハニカムフィルターの側面、流路出口端面及び流路入口端面に接続する部分全部を含んで設けられているハニカムフィルターではほとんどクラックは発生せず、図7のようにさらに接合面数を増やした例ではまったくクラックの発生は認められなかった。また、充填材のヤング率がハニカム部材のヤング率の80%以下であるか、または充填材

の材料強度がハニカム部材より小さいと、クラックの発生は少なかった。

【0123】 また、表2から分かるように、未接合部分の、上端面外周部15からハニカム構造体10の流路方向及び中心方向の長さが、所定以上に短くなると、すす量の増大に応じてクラックの発生する割合が増大する傾向が認められた。

【0124】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明のハニカム構造体及びハニカムフィルターによれば、温度分布の不均一が生じても、ハニカム構造体及びハニカムフィルターの各部が互いに拘束されずに自由に変形することができるため、熱応力を低減することができ、その結果、クラックの発生を防止することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るハニカム構造体の各種実施例を示す斜視図である。

【図2】 本発明に係るハニカム構造体の他の各実施例

を示す斜視図である。

【図3】 本発明に係るハニカム構造体の他の各実施例を示す斜視図である。

【図4】 本発明に係るハニカム構造体の更に他の各実施例を示す斜視図である。

【図5】 本発明に係るハニカム構造体の更に別の各実施例を示す斜視図である。

【図6】 本発明に係るハニカム構造体の更に別の実施例を示しており、(a)は斜視図、(b)は(a)のY-Y断面説明図である。

【図7】 本発明に係るハニカム構造体の更に別の実施例を示しており、(a)は斜視図、(b)は(a)のZ-Z断面説明図である。

【図8】 本発明に係るハニカム構造体の更に別の実施例を示しており、(a)は側面図、(b)は(a)のA-A断面説明図である。

【図9】 本発明に係るハニカム構造体の更に別の実施例を示しており、(a)は側面図、(b)は(a)のB

-B断面説明図である。

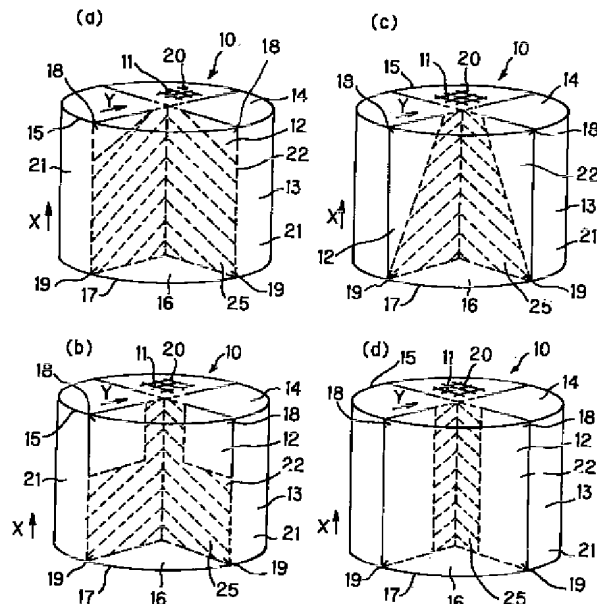
【図10】 本発明に係るハニカムフィルターの一実施例を示しており、(a)は側面図、(b)は平面図、(c)は底面図である。

【図11】 本発明に係るハニカム構造体のスリットの配置例を示しており、(a)は平面図、(b)は正面図、(c)は側面図、(d)は底面図である。

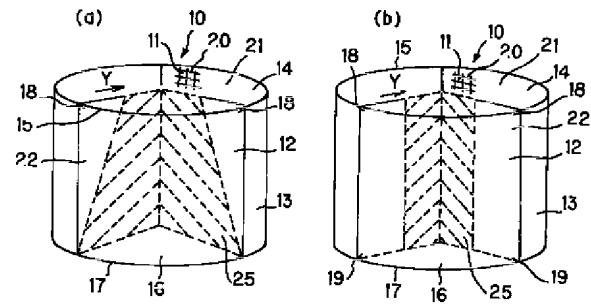
【符号の説明】

1…ハニカムフィルター、10…ハニカム構造体、11…流通孔(貫通孔)、12…未接合部、13…ハニカム構造体(ハニカムフィルター)の側面、14…流路出口端面(上端面)、15…端面外周部、16…流路入口端面(下端部)、17…端面外周部、18…流路出口端面外周部に接続する端部、19…流路入口端面外周部に接続する端部、20…隔壁、21…ハニカム部材、22…接合面、24…充填部材、25…接合部材、31…未充填部、32…目封じ部材、33…ハニカムフィルター部材。

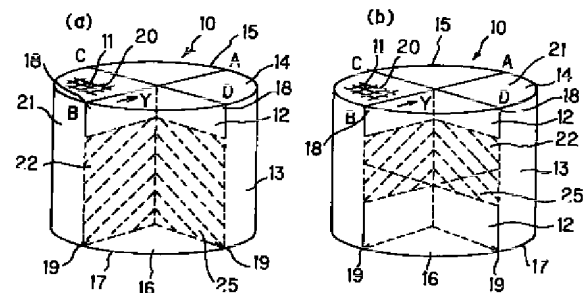
【図1】



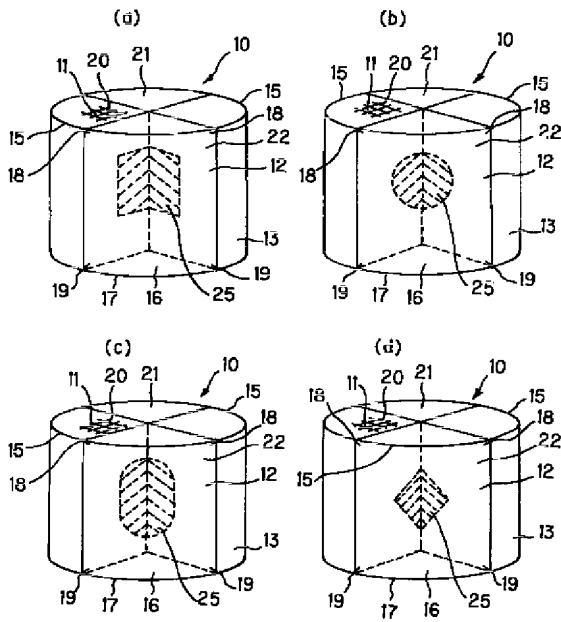
【図2】



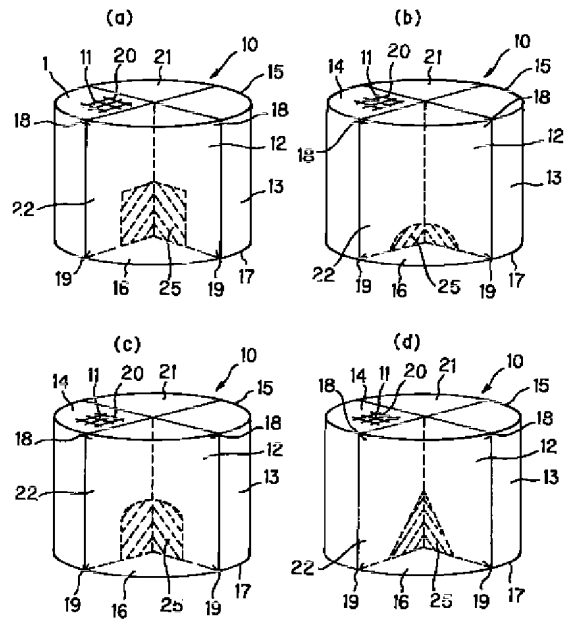
【図3】



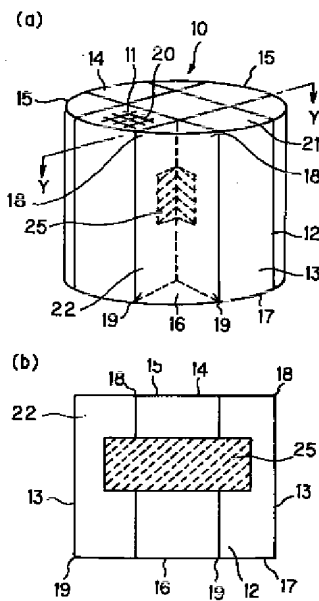
【図4】



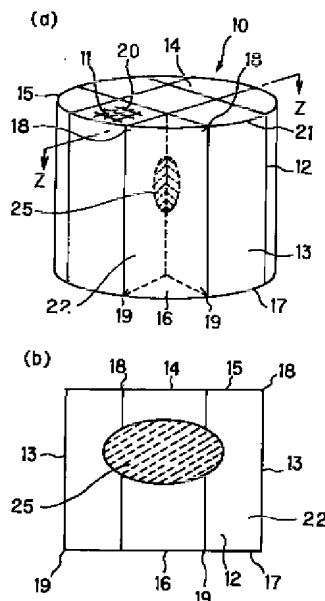
【図5】



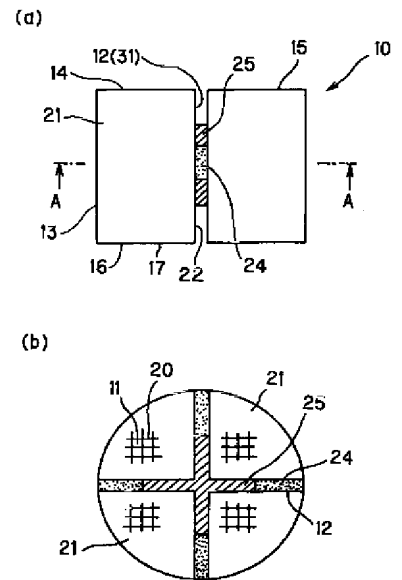
【図6】



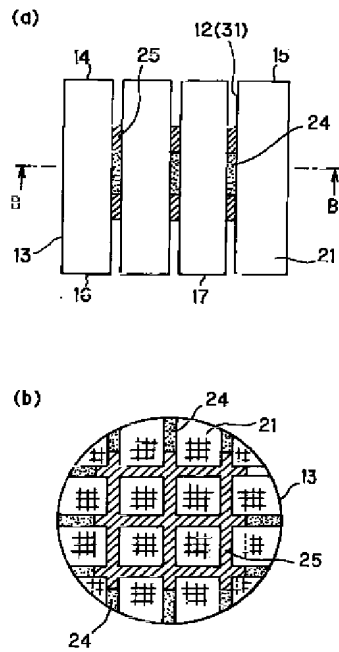
【図7】



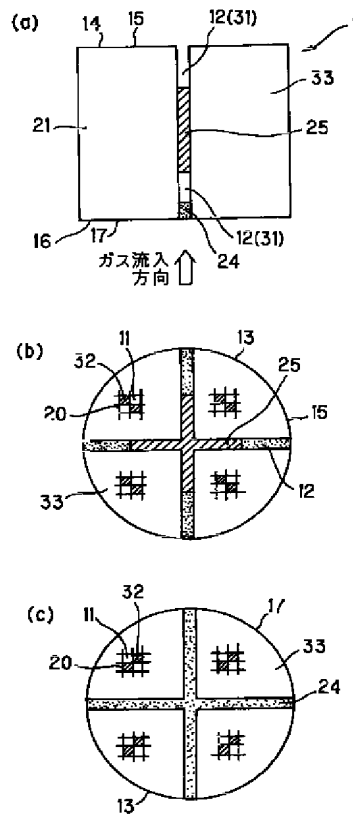
【図8】



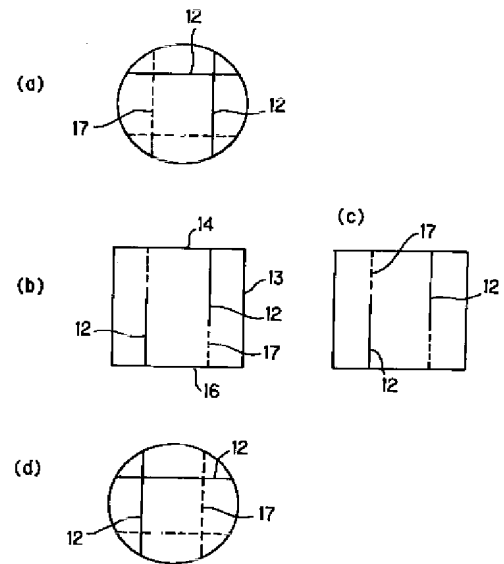
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷		識別記号	F I	(参考)
B 0 1 J	35/04	3 0 1	B 0 1 J 35/04	3 0 1 E 4 G 0 2 6
B 2 8 B	3/26		B 2 8 B 3/26	A 4 G 0 5 4
C 0 4 B	35/565		F 0 1 N 3/02	3 0 1 C 4 G 0 6 9
F 0 1 N	3/02	3 0 1		3 0 1 Z
				3 2 1 A
		3 2 1	3/28	3 0 1 P
	3/28	3 0 1	F 0 2 M 27/02	F
F 0 2 M	27/02		B 0 1 D 53/36	Z A B C
			C 0 4 B 35/56	1 0 1 Y

(72)発明者 笠井 義幸
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内

(72)発明者 川崎 真司
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内

F ターム(参考) 3G090 AA01 AA03 BA04 CA01 CA03
EA01
3G091 AA18 AB02 BA00 BA10 BA39
GA07 GA12 GA13 GB05W
GB06W GB07W GB11X GB17X
GB20X
4D019 AA01 BA02 BA05 BB06 BC12
BD01 CA01 CB04 CB06
4D048 BB02 BB14 CC41
4G001 BA22 BA62 BB22 BB62 BC17
BC26 BC31 BC32 BC35 BC52
BC54 BD13 BD36
4G026 BA02 BA07 BA14 BA17 BB07
BB14 BB17 BC01 BE03 BG05
BG25 BH13
4G054 AA05 AB09 BD20
4G069 AA01 AA08 DA06 EA19 EA27
EE07



(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

(43) Date of publication:
14.08.2002 Bulletin 2002/33

(51) Int Cl.⁷: **F01N 3/022**

(21) Application number: **02002759.5**

(22) Date of filing: **07.02.2002**

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventors:

- **Ishihara, Mikio**
Kariya-city, Aichi-pref. 448-8661 (JP)
- **Nishimura, Mamoru**
Kariya-city, Aichi-pref. 448-8661 (JP)

(30) Priority: **09.02.2001 JP 2001034177**
07.08.2001 JP 2001239685

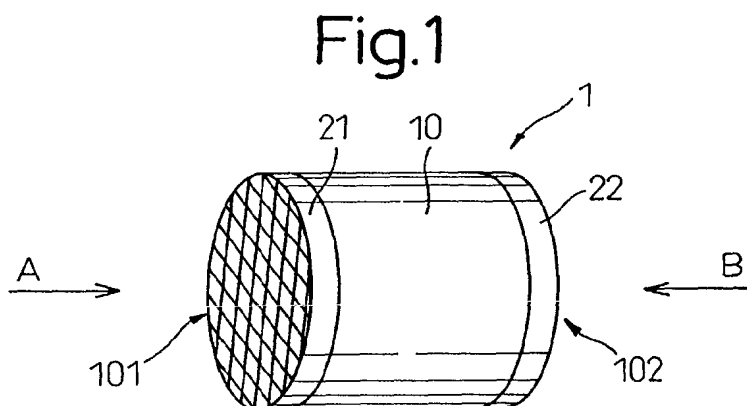
(74) Representative:
Leson, Thomas Johannes Alois, Dipl.-Ing.
Patentanwälte
Tiedtke-Bühling-Kinne & Partner,
Bavariaring 4
80336 München (DE)

(71) Applicant: **Denso Corporation**
Kariya-city, Aichi-pref., 448-8661 (JP)

(54) **Honeycomb particulate filter structure constituted by main and sub honeycomb structures**

(57) A honeycomb structure comprising at least one main honeycomb structure 10 and sub-honeycomb structures 21, 22 axially disposed, in series, on both end surfaces of the main honeycomb structure 10. Partial plugs 15 are constituted for some of the cells 11 of the main honeycomb structure 10 by facing the intersecting

portions of partitioning walls 211, surrounding the cells of the sub-honeycomb structure 21 disposed adjacent to the main honeycomb structure with some of the cells of main honeycomb structure, and the arrangement of the partial plugs 15 at one end surface 101 of the main honeycomb structure differs from that at the other end surface of the main honeycomb structure 10.



Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

[0001] The present invention relates to a honeycomb structure used for a filter for purifying an exhaust gas or the like.

2. Description of the Related Art

[0002] As means for removing particulate matters such as fine carbon particles and like particles emitted from an internal combustion engine such as of an automotive engine, there has been employed a method of once trapping particulate matters by using a honeycomb filter and removing the particulate matters by heating or burning them using a heater or a catalyst.

[0003] The conventional filter for purifying the exhaust gas employs a honeycomb structure in which, as shown in Figs. 12 and 13, one end of cells 90 of the ceramic honeycomb structure 9, with both ends, are alternately closed with plugs 95. That is, referring to Fig. 13, the end surfaces 91 on the upstream side are alternately plugged, checkerwise, for example, by plugs 95 at the end of the cell 90. The cells having plugs on the upstream side are left open on their downstream side, and the cells which are opened on their upstream side are closed with plugs on the downstream side. A catalyst is carried on the partitioning walls 98, depending upon the kind of the filter for purifying the exhaust gas.

[0004] The above filter for purifying the exhaust gas traps the particulate matters on the partitioning walls thereof when an exhaust gas from an internal combustion engine passes therethrough, and the particulate matters are removed by being heated and burned using a heater or based upon the catalytic action.

[0005] However, the above-mentioned conventional filter 9 for purifying the exhaust gas has problems, as described below.

[0006] That is, as shown in Fig. 14, particulate matters 88 trapped from the exhaust gas 8 flowing into the exhaust-gas purifying filter are not necessarily removed by burning in good timing, so that they are often deposited gradually on the partitioning walls 98. For example, while the exhaust gas 8 of a low temperature is being emitted from the internal combustion engine, the burning does not take place despite the catalytic action, and the particulate matters 88 are simply deposited. In this case, the pressure loss increases when the exhaust gas 8 passes through the filter, i.e., through the honeycomb structure, and the filter is abnormally heated and may become cracked or melt-damaged by the heat of burning.

[0007] Further, the process of plugging cells of the honeycomb structure at the ends thereof requires very cumbersome and laborious manual work, hindering ef-

forts to decrease the cost of production.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0008] The present invention was accomplished in view of the problems inherent in the conventional art, and provides a honeycomb structure capable of suppressing the occurrence of excessive pressure loss caused by the deposition of particulate matters and of being produced at a decreased cost.

[0009] According to one aspect of the present invention, there is provided a honeycomb structure comprising at least one main honeycomb structure and sub-honeycomb structures axially disposed, in series, on both end surfaces of the main honeycomb structure, wherein partial plugs are constituted for some of the cells of the main honeycomb structure by facing the intersecting portions of partitioning walls, surrounding the cells of the sub-honeycomb structures disposed adjacent to the main honeycomb structure, with some of the cells of the main honeycomb structure and the arrangements of the partial plugs at one end surface of the main honeycomb structure differs from that at the other end surface of the main honeycomb structure.

[0010] The actions and effects of the invention will now be described.

[0011] As described above, the honeycomb structure of the present invention is constituted by combining the main honeycomb structure and the sub-honeycomb structures. The sub-honeycomb structures work as partial plugs for partially closing some cells of the main honeycomb structure. The partial plugs at the left end surface of the main honeycomb structure are arranged differently from those at the right end surface of the main honeycomb structure.

[0012] Therefore, the honeycomb structure has a construction such that the openings on one end of the cells of the main honeycomb structure, between both ends thereof, are at least partially closed by the partial plugs constituted by the sub-honeycomb structure. When the honeycomb structure is disposed in a fluid, therefore, as the fluid enters into the cells a difference occurs in the flow resistance of the fluid, depending upon the presence of the partial plugs, in the upstream end surface of the main honeycomb structure. Accordingly, the fluid easily enters into the cells without the partial plugs at the upstream end surface thereof.

[0013] In the cells having the partial plugs on the downstream end surface of the main honeycomb structure, a condition is established wherein a fluid encounters a smaller resistance, when it flows through a partitioning wall into a cell without a partial plug on the downstream side, than when it flows to the downstream side through the partial plugs on the downstream end surface of the main honeycomb structure. When the honeycomb structure is used, for example, for a filter for purifying an exhaust gas, the exhaust gas, which is the fluid, flows through the partitioning walls at a larger flow rate than

when it flows through the main honeycomb structure without plugs, so that it is possible to trap the particulate matters in the exhaust gas by the partitioning walls with improved efficiency.

[0014] The plugs constituted by the sub-honeycomb structure are partial plugs which do not fully close the cells of the main honeycomb structure but only partially close them. This suppresses the problem, as explained above, that occurs when the cells are completely closed by the conventional plugs.

[0015] That is, when the cells are completely plugged, only a little of the fluid flows through the partitioning walls under an abnormal condition where the particulate matters have been excessively deposited on the partitioning walls, and the pressure in the cells rises excessively. According to the present invention, on the other hand, the cells of the main honeycomb structure are partially plugged, so that even in an abnormal condition where the pressure has been raised in the cells, the fluid flows through a space in a cell left by the partial plugs, and the pressure is not excessively elevated.

[0016] Further, the sub-honeycomb structure has the intersecting portions of the partitioning walls facing the cells of the main honeycomb structure to form the partial plugs. Therefore, no cumbersome production process needs to be executed, unlike the conventional plugging process. This makes it possible to produce the honeycomb structure at a decreased cost and more efficiently.

[0017] According to the present invention, therefore, it is possible to suppress the occurrence of excessive pressure loss caused by the deposition of particulate matters and to provide a honeycomb structure at a decreased cost.

[0018] According to another aspect of the present invention, it is preferable that the ratio of the total length of the sub-honeycomb structures in the axial direction thereof to the length of the whole honeycomb structure in the axial direction thereof, be in a range of from 5 to 60%. When the above ratio is less than 5%, the honeycomb structure has a decreased strength and may become cracked. When the ratio exceeds 60%, on the other hand, the main honeycomb structure possesses a decreased filtering area, so that it has considerably decreased capacity to trap the particulate matters.

[0019] According to a further aspect of the present invention, preferably, both the cells of the main honeycomb structure and the cells of the sub-honeycomb structures located at the ends of the main honeycomb structure, have a square shape and are arranged with their sides being inclined by about 45 degrees relative to each other and intersecting. In this case, the intersecting portions of partitioning walls of the sub-honeycomb structures can be regularly arranged relative to the cells of the main honeycomb structure, and hence the partial plugs can be regularly arranged. Therefore, an enhanced effect is obtained by the arrangement of the partial plugs.

[0020] According to a still further aspect of the present

invention, it is preferable that the main honeycomb structure and the sub-honeycomb structures be joined together with an adhesive. In this case, the main honeycomb structure and the sub-honeycomb structures can be firmly secured together and deviation in the positional relationship between them can be prevented during the use.

[0021] According to a yet further aspect of the present invention, a casing is arranged to surround the honeycomb structure, and the arrangement of the main honeycomb structure and of the sub-honeycomb structures is secured by the casing. In this case, it is possible to omit the step of adhering the main honeycomb structure and the sub-honeycomb structures together, and thus to simplify the production process.

[0022] According to a still further aspect of the present invention, it is preferable that the main honeycomb structure be made of a ceramic material. As the main honeycomb structure, the partitioning walls thereof can be made of a metal or any other material as long as they can have permeability. Among them, a ceramic material is preferable, because it can easily realize the honeycomb structure having partitioning walls, with pores, exhibiting permeability.

[0023] The sub-honeycomb structures may be made of a ceramic material, a metal, etc.

[0024] According to another aspect of the present invention, it is preferable that the intersecting portions of partitioning walls of the sub-honeycomb structure have an increased thickness. In this case, the partial plugs exhibit an enhanced effect.

[0025] According to a further aspect of the present invention, there is provided a honeycomb structure in which a plurality of honeycomb structures are arranged in series, and partitioning walls of a first honeycomb structure are disposed so as to face at least some of the cells in a second honeycomb structure, and when a fluid flows in the direction in which the plurality of honeycomb structures are arranged in series, the flow resistance of the fluid in a passage formed by a cell defined by the partitioning walls in the second honeycomb structure located on the upstream side of the first honeycomb structure varies from a next passage formed by the adjacent cell, though all cells of the second honeycomb structure.

[0026] In the honeycomb structure of the present invention, each flow resistance of the fluid flowing through the cells in the honeycomb structure located on the upstream side is set to differ between two adjacent cells by the above-mentioned combination of the plurality of the honeycomb structures. Hence, a fluid entering into cells having high flow resistances flows through the partitioning walls into adjacent cells having low flow resistances. Therefore, a notable advantage is obtained when the above-mentioned honeycomb structure is used for the filter.

[0027] According to a further aspect of the present invention, there is provided a honeycomb structure in which a plurality of honeycomb structures are arranged

in series, and partitioning walls of the first honeycomb structure are disposed so as to face at least some of the cells in the second honeycomb structure, and when a fluid flows in a direction in which the plurality of honeycomb structures are arranged in series, the density of cells of the second honeycomb structure located on the upstream side is higher than the density of cells of the first honeycomb structure located on the downstream side.

[0028] In the honeycomb structure of the present invention as described above, the density of cells in the honeycomb structure on the upstream side is higher than that of the honeycomb structure of the downstream side. Accordingly, the open surfaces of the cells of the honeycomb structure on the upstream side, which include the portions facing the partitioning walls of the honeycomb structure on the downstream side and the open portions, can be easily formed. It is therefore possible to set the flow resistance of the fluid flowing through a cell in the honeycomb structure located on the upstream side so as to differ from the adjacent cell thereof. Hence, the fluid entering into a cell having high flow resistance flows through the partitioning walls into the adjacent cells having low flow resistances. Therefore, a notable advantage is obtained when the above-mentioned honeycomb structure is used for the filter.

[0029] According to a further aspect of the present invention, the above-mentioned plurality of honeycomb structures can be arranged with a gap, which is not larger than 10 mm, between two adjacent honeycomb structures. When the gap exceeds 10 mm, the effect of adjusting the flow resistances between the adjacent cells on the upstream side is not achieved to a sufficient degree despite arranging the plurality of honeycomb structures in series.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0030]

Fig. 1 is a perspective view of a honeycomb structure according to an embodiment 1;
 Fig. 2 is a diagram illustrating an end surface of the honeycomb structure according to embodiment 1 as viewed from the direction of an arrow A in Fig. 1;
 Fig. 3 is a diagram illustrating an end surface of the honeycomb structure according to embodiment 1 as viewed from the direction of an arrow B in Fig. 1;
 Fig. 4 is a view illustrating a filter for purifying the exhaust gas according to embodiment 1;
 Fig. 5 is a perspective view of the honeycomb structure according to an embodiment 2;
 Fig. 6 is a perspective view of the honeycomb structure according to an embodiment 3;
 Fig. 7 is a diagram illustrating an end surface of the honeycomb structure according to embodiment 3 as viewed from the direction of an arrow A in Fig. 6;
 Fig. 8 is a diagram illustrating an end surface of the

honeycomb structure according to embodiment 3 as viewed from the direction of an arrow B in Fig. 6;
 Fig. 9 is a diagram illustrating the flow resistance of a fluid according to embodiment 3;

Fig. 10 is a diagram illustrating an end surface of the honeycomb structure according to an embodiment 4 as viewed from a direction corresponding to the direction of the arrow A in Fig. 1;

Fig. 11 is a diagram illustrating an end surface of the honeycomb structure according to embodiment 4 as viewed from a direction corresponding to the direction of the arrow B in Fig. 1;

Fig. 12 is a diagram illustrating an end surface of the honeycomb structure according to a prior art;

Fig. 13 is a diagram illustrating in longitudinal cross section the honeycomb structure according to the prior art; and

Fig. 14 is a diagram, illustrating a problem that occurs when the particulate matters deposit on the partitioning walls, in the prior art.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Embodiment 1.

[0031] The honeycomb structure according to an embodiment of the present invention will now be described with reference to Figs. 1 to 4.

[0032] Referring to Fig. 1, the honeycomb structure 1 of this embodiment includes a main honeycomb structure 10, and two sub-honeycomb structures 21 and 22 axially arranged in series on both end surfaces of the main honeycomb structure 10.

[0033] Referring to Figs. 2 and 3, intersecting portions of partitioning walls 211, 221, surrounding the cells of the sub-honeycomb structures 21, 22 disposed adjacent to the main honeycomb structure 21, 22, face some of the cells 11 of the main honeycomb structure 10 so as to constitute partial plugs 15. Here, the arrangement of the partial plugs 15 differs between the one end surface 101 and the other end surface 102 of the main honeycomb structure 10.

[0034] This will now be described in detail.

[0035] In this embodiment, the main honeycomb structure 10 and the sub-honeycomb structures 21, 22 have partitioning walls 111, 211, 221 in the shape of a square lattice as shown in Figs. 2 and 3, and have many square cells. The honeycomb structures 10, 21, 22 are all made of a ceramic material chiefly comprising a cordierite. At least the partitioning walls 111 have a number of pores to maintain gas permeability.

[0036] The main honeycomb structure 10 and the sub-honeycomb structures 21, 22 all have outer sizes of 129 mm diameter. Further, the main honeycomb structure 10 has a length of 130 mm while the sub-honeycomb structures 21, 22 have a length of 10 mm, respectively, and the ratio of the total length of the sub-

honeycomb structures 21, 22 in the axial direction thereof to the length of the whole honeycomb structure 1 in the axial direction thereof is made to be 13%.

[0037] The main honeycomb structure 10 has a cell size such that the partitioning wall is 0.3 mm thick and the cell pitch, i.e., the side of the cell, is 0.74 mm, and the diagonal line is 1.05 mm long. The sub-honeycomb structures 21, 22 have cell sizes such that the partitioning walls are 0.3 mm thick and the cell pitches (lengths of the sides) are 1.47 mm, respectively. That is, the cell pitch (length of the side) of the sub-honeycomb structures 21, 22 is selected to be the same as the pitch in the direction of the diagonal line (length of a diagonal line) of the main honeycomb structure 10.

[0038] In the sub-honeycomb structures 21, 22, further, the respective intersecting portions of the partitioning walls 211, 221 are thickened so as to thicken the cell corner portions as shown in Figs. 2 and 3.

[0039] In this embodiment, further, the sub-honeycomb structures 21, 22 are joined to both axial end surfaces 101, 102 of the main honeycomb structure 10, respectively, by using an adhesive.

[0040] Here, as shown in Figs. 2 and 3, the partitioning walls 111 of the main honeycomb structure 10 and the respective partitioning walls 211, 221 of the sub-honeycomb structures 21, 22 are arranged so as to intersect, being inclined each other by about 45 degrees.

[0041] As shown in Figs. 2 and 3, further, the positions, on one end surface 101 of the main honeycomb structure 10, where the partial plugs 15 formed by the intersection of the partitioning walls 211 of the sub-honeycomb structure 21 are present, are different from the positions, on the other end surface 102 of the main honeycomb structure 10, where the partial plugs 15 formed by the intersection of the partitioning walls 221 of the sub-honeycomb structure 22 are situated, which means that the former positions are alternately arranged against the latter positions when both of the positions are in the same plane.

[0042] That is, the cells 11a having the partial plugs 15 on the one end surface 101 of the cell 11a as shown in Fig. 2 are opened, without the partial plugs 15, on the other end surface 102 thereof as shown in Fig. 3. On the other hand, the open cells 11b without the partial plugs 15, on one end surface 101 of the cells 11b as shown in Fig. 2 are provided with the partial cells 15 on the other end surface 102 thereof, as also shown in Fig. 3.

[0043] In this embodiment, the cells 11b of the main honeycomb structure 10 are closed by the partial plugs 15 at a ratio of about 85% in terms of the area.

[0044] In this embodiment, the thus constituted honeycomb structure 1 is used as a carrier to constitute a filter for purifying the exhaust gas. Concretely speaking, as shown in Fig. 4, a catalyst is carried by the honeycomb structure 1 which is accommodated in a casing 5.

[0045] The following actions are exhibited when the filter employing the honeycomb structure 1 for purifying

the exhaust gas is disposed in the exhaust gas passage.

[0046] That is, the exhaust gas colliding with one end surface 101 on the upstream side tends to selectively enter into the cells 11b (Fig. 2) without the partial plugs 15 due to the resistance produced by the partial plugs 15.

[0047] Further, the cells 11b have the partial plugs 15 on the downstream side as shown in Fig. 3, which creates a circumstance in that the fluid encounters lower resistance when it flows into the cells 11a without the partial plugs 15 on the downstream side through the partitioning walls 111 so as to flow out the cells 11a rather than when it flows to the downstream side through the partial plugs 15 on the downstream end surfaces of the cells 11b.

[0048] Therefore, when the above-mentioned honeycomb structure 1 is used as a carrier of the filter for purifying the exhaust gas, the exhaust gas, which is the fluid, passes through the partitioning walls 111 at an increased flow rate as compared to when only the main honeycomb structure 10 having no plug is used, so that the particulate matters contained in the exhaust gas can be trapped with improved efficiency.

[0049] The plugs constituted by the sub-honeycomb structures 21, 22 do not completely close the cells of the main honeycomb structure but are the partial plugs 15 for partially closing them. Under an abnormal condition where the particulate matters have been excessively deposited on the partitioning walls 111, the fluid passes through spaces in cells left by the partial plugs 15, and the pressure is not excessively elevated.

[0050] The sub-honeycomb structures 21 and 22 form the partial plugs with their intersecting portions of the partitioning walls 211, 221 facing the cells 11 of the main honeycomb structure 10. This eliminates a cumbersome of production process such as plugging employed in the prior art. Accordingly, the honeycomb structure 1 is produced at low cost and efficiently.

[0051] As described above, this embodiment provides a honeycomb structure 1 which suppresses the occurrence of excessive pressure loss caused by the deposition of particulate matters, and which can be produced at a low cost.

[0052] In this embodiment, the main honeycomb structure 10 and the sub-honeycomb structures 21, 22 are joined together with an adhesive. They may, however, be secured together by using the above-mentioned casing without using an adhesive.

Embodiment 2.

[0053] In this embodiment as shown in Fig. 5, there are used a plurality of main honeycomb structures 31 to 33, and the main honeycomb structures 31 to 33 and the sub-honeycomb structures 41 to 44 are alternately arranged. The main honeycomb molded structures 31 to 33 are the same ceramic honeycomb structures as the main honeycomb structure 10 of the embodiment 1

with the exception of shortening the length thereof to 36 mm. The sub-honeycomb structures 41, 43 are the same as the sub-honeycomb structure 21 of the embodiment 1, and the sub-honeycomb structures 42, 44 are the same as the sub-honeycomb structure 22 of the embodiment 1. As shown in Fig. 5, they are arranged in series in the axial direction, and are adhered together with an adhesive. In other respects, this embodiment is the same as the embodiment 1.

[0054] In this case, the above-mentioned state of Fig. 2 and the state of Fig. 3 are alternately repeated due to the presence of the sub-honeycomb structures 41 to 44. When the honeycomb structure is used as a filter for purifying the exhaust gas in the same manner as in embodiment 1, therefore, the exhaust gas, which is the fluid, passes through the partitioning walls of the main honeycomb structures 31 to 33, i.e., passes through the partitioning walls three times. As a result, the particulate matters can be trapped with improved efficiency.

[0055] In other respects, the actions and effects are the same as those of the embodiment 1.

[0056] The above-mentioned embodiments have dealt with the cases where the main honeycomb structures and the sub-honeycomb structures possess square-shaped cells. However, as long as the above-mentioned partial plugs can be formed, the honeycomb structure may possess cells of any other shape, such as a triangular shape or a hexagonal shape.

Embodiment 3.

[0057] The honeycomb structure 6 of this embodiment includes three honeycomb structures 61, 62 and 63 that are arranged in series as shown in Fig. 6. The two adjacent honeycomb structures are arranged so that the partitioning walls of one honeycomb structure face the openings of at least some of the cells of the other honeycomb structure.

[0058] When the fluid flows in the direction in which the three honeycomb structures 61, 62 and 63 are arranged in series, the honeycomb structure 61 located on the upstream side has a higher density of cells than the density of cells of the honeycomb structure 62 located on the downstream side and the honeycomb structure 62 located on the upstream side has a higher density of cells than the density of cells of the honeycomb structure 63 located on the downstream side.

[0059] Concretely speaking, the honeycomb structure 61 on the most upstream side has a density of cells of 900 meshes, the honeycomb structure 62 at the center has a density of cells of 600 meshes, and the honeycomb structure 63 on the most downstream side has a density of cells of 300 meshes.

[0060] Fig. 7 illustrates a state where the honeycomb structure 6 is viewed from the front on the upstream side (from the direction of an arrow A in Fig. 6). Fig. 7 illustrates the partitioning walls 611 of the honeycomb structure 61 on the most upstream side, and the partitioning

walls 621 of the central honeycomb structure 62 located at the back thereof. The honeycomb structure 61 on the most upstream side has cells 610, which have closed cells 610b facing the partitioning walls of the central honeycomb structure 62 and open cells 610a, which are alternately arranged, in the open surface on the downstream side thereof.

[0061] Fig. 8 illustrates a state where the honeycomb structure 6 is viewed from the front on the downstream side (from the direction of an arrow B in Fig. 6). Fig. 8 illustrates the partitioning walls 631 of the honeycomb structure 63 on the most downstream side, and the partitioning walls 621 of the central honeycomb structure 62 located at the back thereof. The central honeycomb structure 62 has cells 620, which have closed cells 620b facing the partitioning walls 631 of the honeycomb structure 63 on the most downstream side and open cells 620a, which are alternately arranged, in the open surface on the downstream side thereof.

[0062] Fig. 9 schematically illustrates a positional relationship between the partitioning walls 611 of the honeycomb structure 61 on the most upstream side and the partitioning walls 621 of the central honeycomb structure 62. In the cells 610 in the honeycomb structure 61 in Fig. 9, the flow resistance of the open cell 610a without the partitioning wall 621 of the honeycomb structure 62 in the open surface on the downstream side thereof is denoted by P1, the flow resistance of the closed cell 610b having the partitioning wall 621 of the honeycomb structure 62 disposed in the open surface on the downstream side thereof is denoted by P2, and the resistance created as the fluid flows from the closed cell 610b into the open cell 610a through the partitioning wall 611 is denoted by P3. Here, in this embodiment, there holds a relationship $P1 < P3 < P2$.

[0063] This permits the fluid flowing through the closed cell 610b to efficiently flow into the open cell 610a through the partitioning wall 611, to easily obtain excellent filtering effect through the partitioning wall 611.

[0064] Such an action and effect are similarly obtained even between the central honeycomb structure 62 and the downstream honeycomb structure 63; i.e., the honeycomb structure 6 as a whole exhibits two steps of excellent filtering effect.

Embodiment 4.

[0065] In this embodiment as shown in Figs. 10 and 11, the shapes of the cells are changed in the main honeycomb structure 10 and in the two sub-honeycomb structures 21, 22, axially disposed, in series, on both ends of the main honeycomb structure 10, in the embodiment 1.

[0066] In this embodiment, the main honeycomb structure 10 as well as the sub-honeycomb structures 21, 22 have a triangular shape. As shown in Figs. 10 and 11, partial plugs 15 are formed for some of the cells 11 of the main honeycomb structure 10 by facing the

intersecting portions of the partitioning walls 211, 221, surrounding the cells of the sub-honeycomb structures 21, 22 adjacent to the main honeycomb structure 10, with the some of the cells 11 of the main honeycomb structure 10. Further, the arrangement of the partial plugs 15 at the one end surface 101 of the main honeycomb structure 10 differs from and the arrangement of the partial plugs 15 at the other end surface 102 of the main honeycomb structure 10.

[0067] In this embodiment, even the cells 11 without the partial plugs 15 face part of the partitioning walls 211, 221 of the sub-honeycomb structures 21, 22, which produces a flow resistance, to some extent, which, however, is sufficiently smaller than the flow resistance produced by the partial plugs 15 formed by the intersecting portions of the partitioning walls.

[0068] In other respects, this embodiment is the same as embodiment 1.

[0069] In this case, too, the same actions and effects are obtained as those of embodiment 1.

[0070] A honeycomb structure comprising at least one main honeycomb structure 10 and sub-honeycomb structures 21, 22 axially disposed, in series, on both end surfaces of the main honeycomb structure 10. Partial plugs 15 are constituted for some of the cells 11 of the main honeycomb structure 10 by facing the intersecting portions of partitioning walls 211, surrounding the cells of the sub-honeycomb structure 21 disposed adjacent to the main honeycomb structure with some of the cells of main honeycomb structure, and the arrangement of the partial plugs 15 at one end surface 101 of the main honeycomb structure differs from that at the other end surface of the main honeycomb structure 10

Claims

1. A honeycomb structure comprising;

at least one main honeycomb structure and sub-honeycomb structures axially disposed, in series, on both end surfaces of said main honeycomb structure;
wherein partial plugs are constituted for some of the cells of said main honeycomb structure by facing the intersecting portions of partitioning walls, surrounding the cells of said sub-honeycomb structures disposed adjacent to the main honeycomb structure with the some of the cells of main honeycomb structure, and the arrangement of said partial plugs at one end surface of the main honeycomb structure differs from that at the other end surface of said main honeycomb structure.

2. A honeycomb structure according to claim 1, wherein said main honeycomb structures are used in a plural number, and said main honeycomb struc-

tures and said sub-honeycomb structures are alternately arranged.

3. A honeycomb structure according to claim 1 or 2, wherein

the ratio of the total length of said sub-honeycomb structures in the axial direction thereof to the length of the whole honeycomb structure in the axial direction thereof, is in a range of from 5 to 60%.

4. A honeycomb structure according to any one of claims 1 to 3, wherein both the cells of said main honeycomb structure and the cells of said sub-honeycomb structures located at the ends of the main honeycomb structure have a square shape and are arranged with their sides being inclined by about 45 degrees relative to each other and being intersected.

5. A honeycomb structure according to any one of claims 1 to 4, wherein said main honeycomb structure and said sub-honeycomb structures are joined together with an adhesive.

6. A honeycomb structure according to any one of claims 1 to 5, wherein a casing is arranged to surround said honeycomb structure, and the arrangement of said main honeycomb structure and of said sub-honeycomb structures is secured by said casing.

7. A honeycomb structure according to any one of claims 1 to 6, wherein said main honeycomb structure is made of a ceramic material.

8. A honeycomb structure according to any one of claims 1 to 7, wherein the intersecting portions of partitioning walls of said sub-honeycomb structure have an increased thickness.

9. A honeycomb structure, in which a plurality of honeycomb structures are arranged in series, and partitioning walls of a first honeycomb structure are disposed so as to face at least some of the cells in a second honeycomb structure, and

when a fluid flows in a direction in which said plurality of honeycomb structures are arranged in series, the flow resistance of the fluid in a fluid passage formed by a cell defined by the partitioning walls in the second honeycomb structure located on the upstream side of the first honeycomb structure varies from a next passage formed by the adjacent cell, through all cells of the second honeycomb structure.

10. A honeycomb structure in which a plurality of honeycomb structures are arranged in series, and partitioning walls of a first honeycomb structure are disposed so as to face at least some of the cells in a second honeycomb structure; and when a fluid flows in a direction in which said plurality of honeycomb structures are arranged in series, the density of cells of the second honeycomb structure located on the upstream side is higher than the density of cells of the first honeycomb structure located on the downstream side.

11. A honeycomb structure according to claim 9 or 10, wherein

in the cells in the second honeycomb structure, when the flow resistance of the open cell without the partitioning wall of the first honeycomb structure in the open surface on the downstream side thereof is denoted by P1, the flow resistance of the closed cell having the partitioning wall of the first honeycomb structure disposed in the open surface on the downstream side thereof is denoted by P2, and the flow resistance created as the fluid flows from said closed cell into said open cell through the partitioning wall is denoted by P3, there exists a relationship $P1 < P3 < P2$.

12. A honeycomb structure according to any one of claims 9 to 11, wherein said plurality of honeycomb structures are arranged with a gap, which is not larger than 10 mm, between two adjacent honeycomb structures.

Fig.1

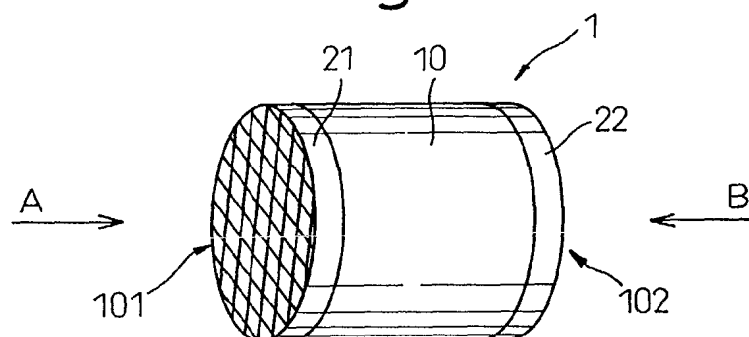


Fig.2

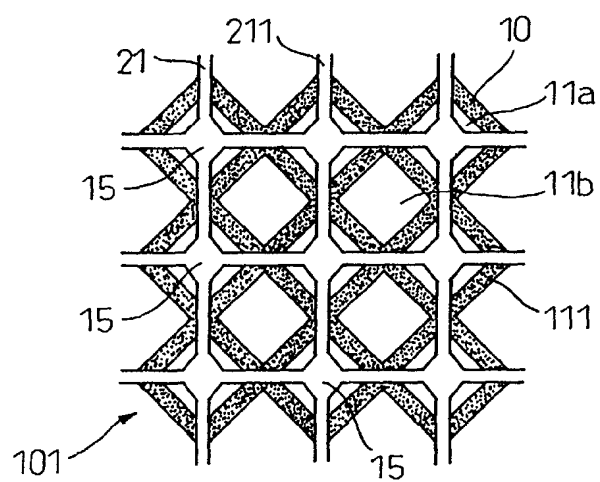


Fig.3

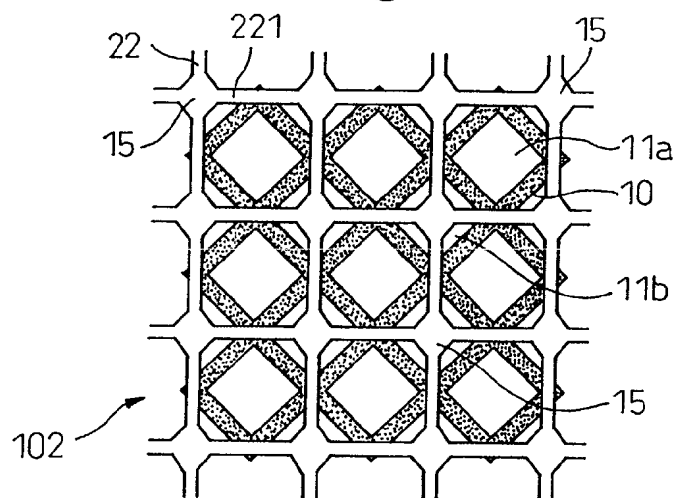


Fig.4

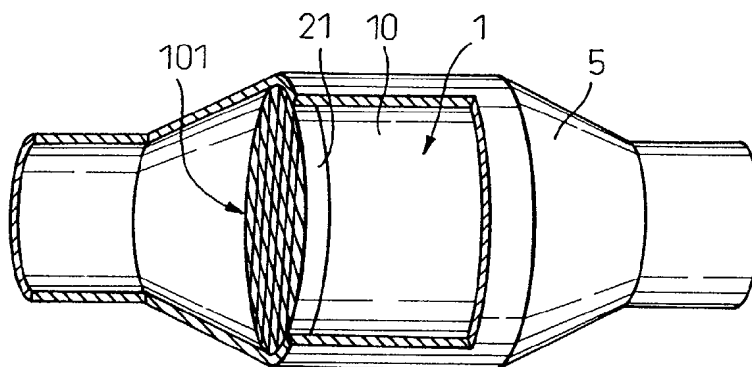


Fig.5

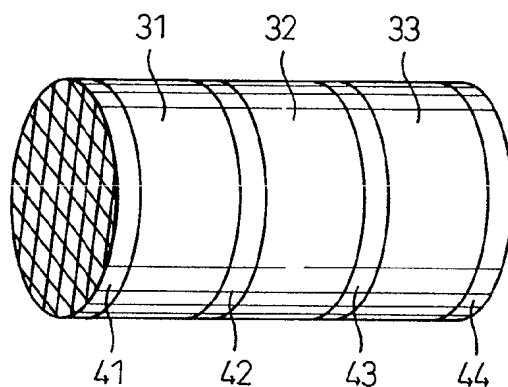


Fig.6

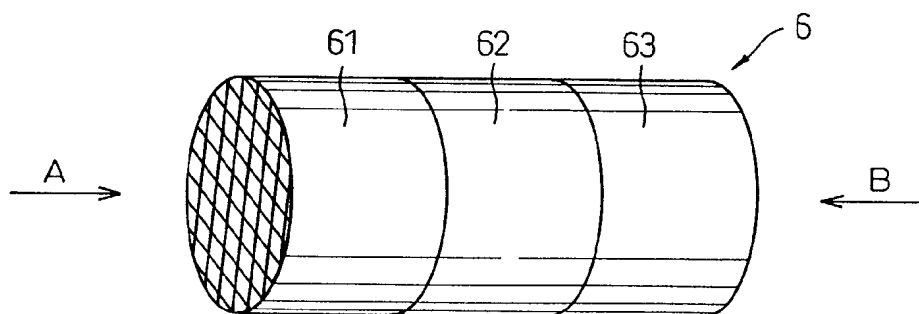


Fig.7

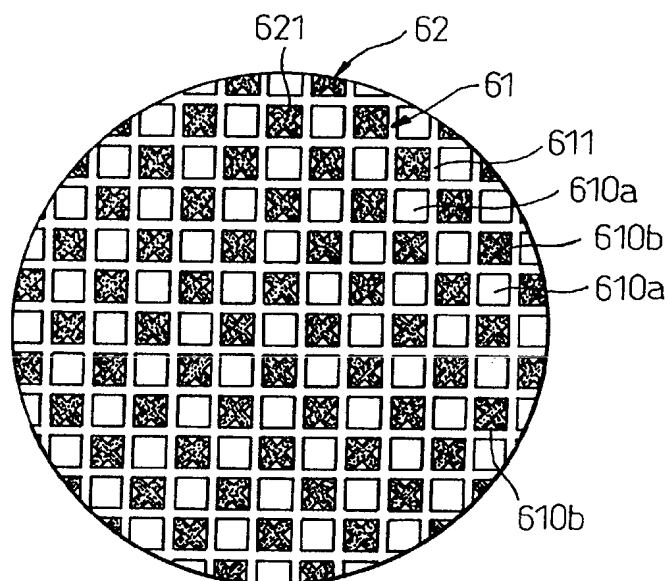


Fig.8

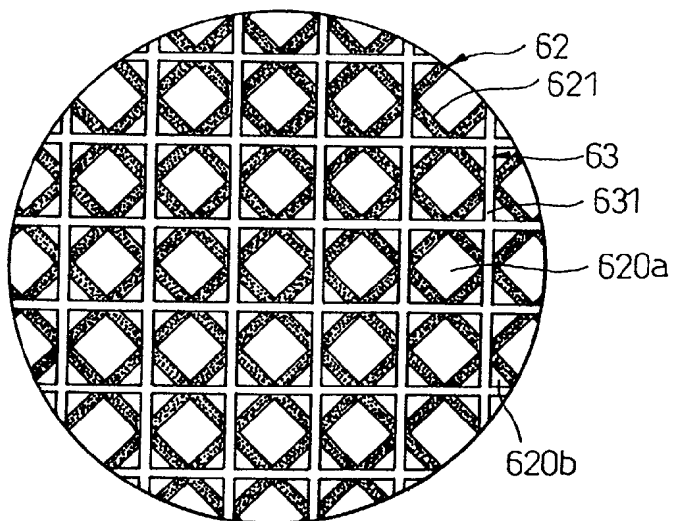


Fig.9

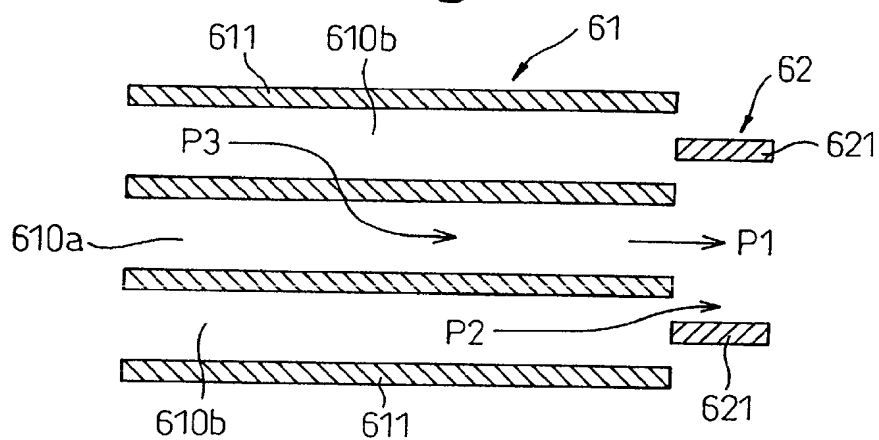


Fig.10

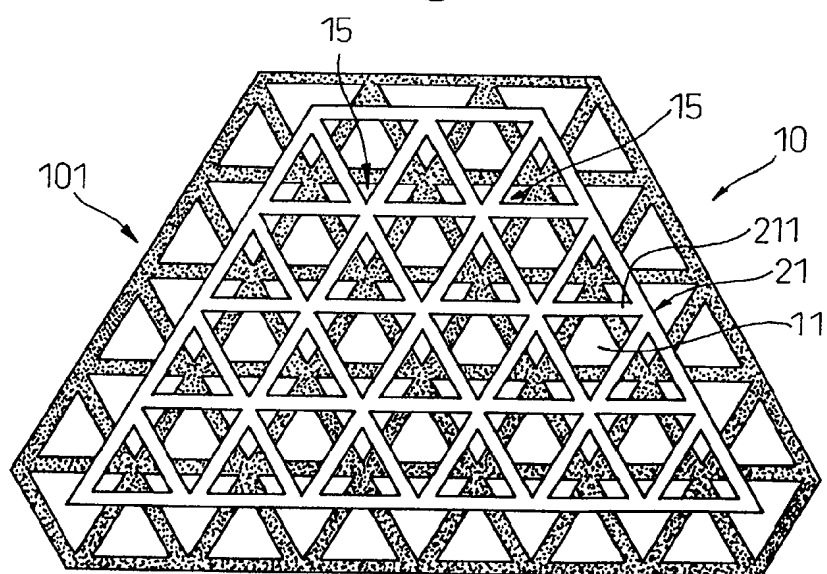


Fig.11

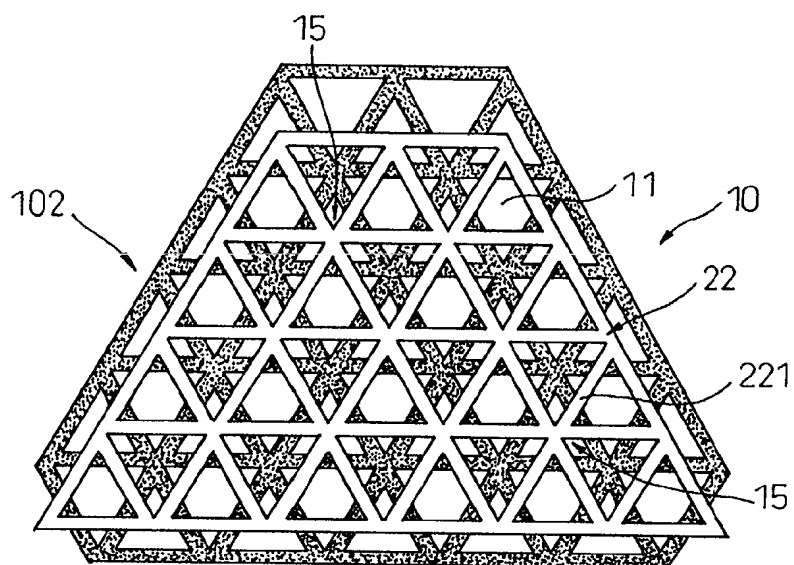


Fig.12

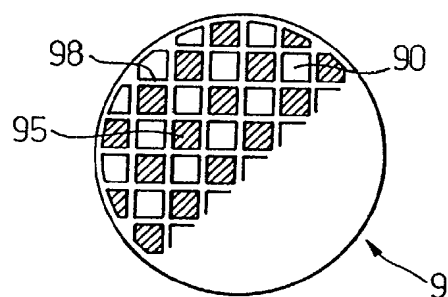


Fig.13

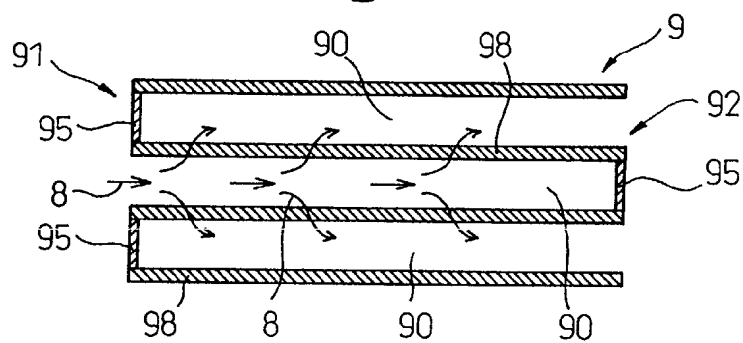
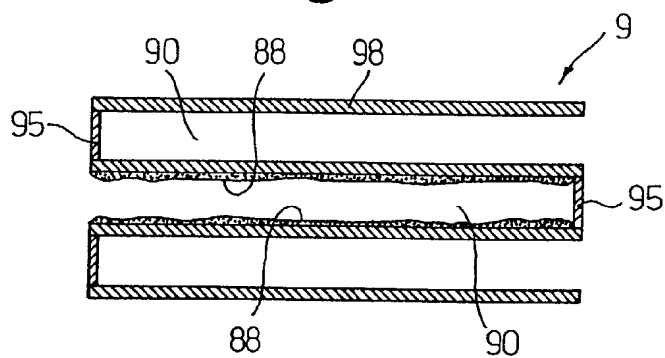


Fig.14





(11) **EP 1 291 061 A1**

(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**
published in accordance with Art. 158(3) EPC

(43) Date of publication:
12.03.2003 Bulletin 2003/11

(51) Int Cl.7: **B01D 39/20, B01D 53/86,
B01J 35/04, C04B 35/56,
B28B 11/00**

(21) Application number: **01936843.0**

(22) Date of filing: **04.06.2001**

(86) International application number:
PCT/JP01/04688

(87) International publication number:
WO 01/093984 (13.12.2001 Gazette 2001/50)

(84) Designated Contracting States:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: **05.06.2000 JP 2000168234
07.03.2001 JP 2001064077**

(71) Applicant: **NGK INSULATORS, LTD.**
Nagoya-City, Aichi Prefecture 467-8530 (JP)

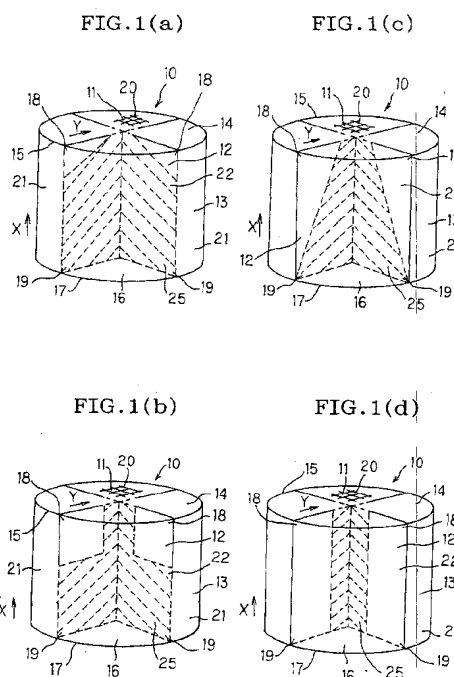
(72) Inventors:
• **HARADA, Takashi**
Nagoya-shi Aichi 467-8530 (JP)

• **MIYAIRI, Yukio**
Nagoya-shi Aichi 467-8530 (JP)
• **KASAI, Yoshiyuki**
Nagoya-shi Aichi 467-8530 (JP)
• **KAWASAKI, Shinji**
Nagoya-shi Aichi 467-8530 (JP)

(74) Representative: **Paget, Hugh Charles Edward et al**
MEWBURN ELLIS
York House
23 Kingsway
London WC2B 6HP (GB)

(54) **HONEYCOMB STRUCTURE AND HONEYCOMB FILTER, AND METHOD OF PRODUCING THEM**

(57) A honeycomb structure which is a plurality of honeycomb segments (21) bonded into one piece by a bonding material (25), the honeycomb segments (21) each having a large number of through-channels (11) separated from each other by partition walls (20), the bonding material (25) being composed of components substantially same as components composing honeycomb bodies (21), and the honeycomb segments (21) being bonded to each other at their planes substantially parallel to the direction of through-channels (11), in which honeycomb structure each bonded plane (22) of each honeycomb segment (21) has a structure possessing an unbonded area (12) containing at least an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face (15) and/or a periphery of its gas outlet side end face (17). With this honeycomb structure, there is no cracking caused by the thermal stress during the use, and excellent durability can be obtained.



EP 1 291 061 A1

Description

Technical Field

5 **[0001]** The present invention relates to a honeycomb structure for catalyst loading, used in an exhaust gas purifier of a heat engine (e.g. an internal combustion engine) or a burner (e.g. a boiler), a reforming unit of a liquid fuel or a gaseous fuel, and the like; a honeycomb filter; and processes for producing them.

Background Art

10

[0002] Honeycomb structures having a catalyst component loaded thereon have been used in an exhaust gas purifier of a heat engine (e.g. an internal combustion engine) or a burner (e.g. a boiler), a reforming unit of a liquid fuel or a gaseous fuel, and the like. Also, it is known that honeycomb filters are used for capturing and removing the particulate matter contained in a particle-containing fluid such as exhaust gas emitted from a diesel engine.

15 **[0003]** The honeycomb structures or honeycomb filters used for such purposes have had problems; for example, they are subjected to rapid temperature change by exhaust gas or undergo local heating, an uneven temperature distribution easily appears therein, resultantly they come to have cracks. Particularly when they were used as a honeycomb filter for capturing the particulate matter contained in the exhaust gas emitted from a diesel engine, cracks appeared easily because the carbon fine particles accumulated on the filter must be burnt for removal and it inevitably causes local heating to high temperatures and easily generates a large thermal stress. In this case, the thermal stress is generated because the uneven temperature distribution allows different portions of the honeycomb structure to show different thermal expansion deformations and resultantly the individual portions are restricted by each other and are unable to make free deformation.

20 **[0004]** It is also known that in producing a large honeycomb structure so as to meet the application purpose, a plurality of honeycomb segments are bonded by a bonding material to obtain a one-piece honeycomb structure or honeycomb filter. In this case as well, the thermal stress generated in the honeycomb structure or honeycomb filter produced must be reduced.

25 **[0005]** To reduce such a thermal stress, there is disclosed, in, for example, USP 4335783, a process for producing a honeycomb structure, which comprises bonding a large number of honeycomb segments with a discontinuous bonding material. In this honeycomb structure, however, the thermal stress generated therein could not be reduced sufficiently because no consideration was made to the fact that the generation of thermal stress appears mainly in the vicinity of each periphery of the two end faces where the inlet and outlet of each through-channel exist. Further, since the bonding material is formed discontinuously, the bonding strength between honeycomb segments was not sufficient and the produced honeycomb structure had no sufficient mechanical strength.

30 **[0006]** In JP-B-61-51240 is proposed a thermal shock resistant rotary heat regenerator obtained by subjecting a ceramic material to extrusion molding to obtain a honeycomb matrix body of honeycomb structure, firing the honeycomb matrix body, then making smooth the outer surface of the fired honeycomb matrix segment, coating, on the smoothed outer surface, a ceramic bonding material having substantially the same mineral composition (after firing) as that of the matrix segment and showing a thermal expansion coefficient different from that of the honeycomb matrix segment by 0.1% or less at 800°C, bonding a plurality of such honeycomb matrix segments to each other into one piece, and firing the one-piece structure. In this thermal shock resistant rotary heat regenerator as well, thermal stress appears mainly in the vicinity of each periphery of the two end faces where the inlet and outlet of each through-channel exist; nevertheless, the honeycomb segments are bonded even at the peripheries of the two end faces; therefore, the thermal stress generated could not be reduced sufficiently.

35 **[0007]** In the SAE Article 860008 of 1986 is disclosed a ceramic honeycomb filter obtained by bonding a plurality of cordierite honeycomb segments with a cordierite cement. In this honeycomb filter as well, bonding is made even at each periphery of the two end faces where the inlet and outlet of each through-channel exist, similarly to the cases of the above-mentioned honeycomb structure, etc.; therefore, the thermal stress generated could not be sufficiently reduced.

40 **[0008]** In JP-A-8-28246 is disclosed a ceramic honeycomb filter obtained by bonding a plurality of honeycomb ceramic segments with an elastic sealing material formed by bonding at least a three-dimensionally intertwined inorganic fiber and inorganic particles via an inorganic binder and an organic binder. In this honeycomb filter as well, the honeycomb segments and the sealing material are not composed of the same material and bonding is made even at each periphery of the two end faces where the inlet and outlet of each through-channel exist; therefore, the thermal stress generated at the end faces could not be reduced.

45 **[0009]** The present invention has been made in view of such problems of the prior arts. The present invention aims at providing a honeycomb structure which generates no crack caused by the thermal stress during the use and therefore has excellent durability; a honeycomb filter; and processes for producing such a honeycomb structure and such a

honeycomb filter.

Disclosure of the Invention

[0010] According to the present invention there is provided a honeycomb structure possessing a plurality of honeycomb segments each having a large number of through-channels separated from each other by partition walls; said honeycomb structure formed as a unified body by bonding said plurality of honeycomb segments each other at their planes substantially parallel to a direction of the through-channels with a bonding material being composed of components substantially same as components composing the honeycomb segments, characterized in that each bonded plane of each honeycomb segment includes an unbonded area inclusive of at least one edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face and/or a periphery of its gas outlet side end face.

[0011] According to the present invention there is also provided a honeycomb filter possessing a plurality of honeycomb filter segments each having a large number of through-channels separated from each other by partition walls, and passing through between its gas inlet side and its gas outlet side; said through-channels plugged alternately at an every other end face of its gas inlet side and its gas outlet side with a plugged material; said honeycomb filter formed as a unified body by bonding said plurality of honeycomb filter segments each other at their planes substantially parallel to a direction of the through-channels with a bonding material being composed of components substantially same as components composing the honeycomb segments, characterized in that each bonded plane of said honeycomb filter segments includes an unbonded area inclusive of at least one edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face.

[0012] In the above honeycomb structure and honeycomb filter (hereinafter, they are referred to as "the honeycomb structure, etc." in some cases), one may compose honeycomb segments and bonding material mainly of metal Si and SiC, that the Si content [specified by $Si/(Si+SiC)$] of the honeycomb segments is 5 to 50% by weight, and that the Si content [specified by $Si/(Si+SiC)$] of the bonding material is the same as or higher than the Si content of the honeycomb segments to be bonded and is 10 to 80% by weight.

[0013] Also in the honeycomb structure, etc. of the present invention, it is preferred that the bonding material is provided continuously on each bonded plane and that the unbonded area of each bonded plane is formed from the periphery of the gas inlet side end face of honeycomb segment or the periphery of the gas outlet side end face of honeycomb segment toward the direction of the through-channels, in a length of 10% or more relative to the total length of the honeycomb structure in the same direction, or from the periphery of the gas inlet side end face of honeycomb segment or the periphery of the gas outlet side end face of honeycomb segment toward the center of the end face, in a length of 10% or more relative to the total width of the end face of the honeycomb structure.

[0014] Further in the honeycomb structure, etc. of the present invention, it is preferred that at least part of the unbonded area of each bonded plane has a filler material composed mainly of a heat-resistant inorganic material and that the filler material satisfies at least either of a requirement that its Young's modulus is 80% or less of the Young's modulus of the honeycomb segments and a requirement that its strength is smaller than the strength of the honeycomb segments.

[0015] Furthermore in the honeycomb structure, etc. of the present invention, it is preferred that the honeycomb segments are composed mainly of at least one kind of ceramic selected from the group consisting of cordierite, mullite, alumina, spinel, silicon carbide, silicon nitride, lithium aluminum silicate, aluminum titanate and combinations thereof, or of a Fe-Cr-Al type metal. One may load the partition walls of the honeycomb segments with a catalyst.

[0016] Meanwhile, according to the present invention there is provided a process for producing a honeycomb structure, characterized by kneading powders of raw materials, a binder and water, molding thus obtained kneaded material and drying a molded material to obtain a honeycomb body, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing the honeycomb body, on each plane of honeycomb bodies substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of resulting honeycomb bodies into unified honeycomb structures through said bonding layer, and firing the resulting unified honeycomb bodies.

[0017] According to the present invention there is also provided a process for producing a honeycomb structure, characterized by kneading powders of raw materials, a binder and water, molding thus obtained kneaded material and drying a molded material to obtain a honeycomb body, firing said honeycomb body to obtain honeycomb segments, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing the honeycomb body, on each plane of honeycomb segments substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of resulting honeycomb segments into a unified honeycomb structure through said bonding layer, and, firing the resulting unified honeycomb structure.

[0018] According to the present invention there is further provided a process for producing a honeycomb structure, characterized by kneading powders of raw materials, a binder and water, molding thus obtained kneaded material and

drying a molded material to obtain a honeycomb body, subjecting outer surface of the honeycomb body to machining, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing honeycomb bodies, on each plane of honeycomb bodies substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of resulting honeycomb bodies into a unified honeycomb structure through said bonding layer, and firing the resulting unified honeycomb structure.

[0019] According to the present invention there is furthermore provided a process for producing a honeycomb structure, characterized by kneading powders of raw materials, a binder and water, molding thus kneaded material and drying a molded material to obtain a honeycomb body, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing the honeycomb body, on each plane of honeycomb bodies substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of resulting honeycomb segments into a unified honeycomb structure through said bonding layer, subjecting outer surface of the resulting unified honeycomb structure to machining, and firing the resulting machining honeycomb structure.

[0020] According to the present invention there is furthermore provided a process for producing a honeycomb structure, characterized by kneading powders of raw materials, a binder and water, molding thus kneaded material and drying a molded material to obtain a honeycomb body, subjecting outer surface of the honeycomb body to machining, firing the machining honeycomb body to obtain a honeycomb segment, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing the honeycomb body, on each plane of the honeycomb segment substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of resulting honeycomb segments into a unified honeycomb structure through said bonding layer, and firing resulting unified honeycomb structure.

[0021] According to the present invention there is furthermore provided a process for producing a honeycomb structure, characterized by kneading powders of raw materials, a binder and water, molding thus kneaded material and drying a molded material to obtain a honeycomb body, firing the honeycomb body to obtain a honeycomb segment, subjecting the outer surface of the honeycomb segment to machining, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing the honeycomb body, on each plane of the honeycomb segment substantially parallel to a direction of the through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of resulting honeycomb segments into a unified honeycomb structure through said bonding layer, and firing the resulting unified honeycomb structure.

[0022] Meanwhile, according to the present invention there is provided a process for producing a honeycomb filter, characterized by kneading a raw materials mixed powder, a binder and water, molding thus kneaded material and drying thus molded material to obtain a honeycomb body, plugged through-channels alternately at an every other end face of its gas inlet side and its gas outlet side with a sealant to obtain a plugged honeycomb filter segment, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing honeycomb body, on each plane of the plugged honeycomb segments substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of plugged honeycomb segments each other at their planes substantially parallel to a direction of through-channels into a unified honeycomb structure through the bonding layer, and firing the resulting unified honeycomb structure.

[0023] According to the present invention there is also provided a process for producing a honeycomb filter, characterized by kneading a raw materials mixed powder, a binder and water, molding thus kneaded material and drying thus molded material to obtain a honeycomb body, firing the resulting honeycomb body to obtain a honeycomb segment, plugging through-channels alternately at an every other end face of its gas inlet side and its gas outlet side with a sealant to obtain a plugged honeycomb body, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing honeycomb body, on each plane of the plugged honeycomb bodies substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of plugged honeycomb bodies each other at their planes substantially parallel to a direction of through-channels into a unified honeycomb structure through the bonding layer, and firing the resulting unified honeycomb structure.

[0024] According to the present invention there is also provided a process for producing a honeycomb filter, characterized by kneading a raw materials mixed powder, a binder and water, molding thus kneaded material and drying thus molded, material to obtain a honeycomb body, plugging through-channels alternately at an every other end face of its gas inlet side and its gas outlet side with a plugged material to obtain a plugged honeycomb filter segment, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing honeycomb body, on each plane of the plugged honeycomb bodies substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of

an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of plugged honeycomb segments each other at their planes substantially parallel to a direction of through-channels into a unified honeycomb structure through the bonding layer, subjecting outer surface of the resulting unified honeycomb filter to machining, and firing the resulting unified honeycomb structure.

[0025] According to the present invention, there is further provided a process for producing a honeycomb filter, characterized by kneading a raw materials mixed powder, a binder and water, molding thus kneaded material and drying thus molded material to obtain a honeycomb body, subjecting outer surface of the resulting honeycomb body to machining, firing the resulting honeycomb body, plugging through-channels alternately at an every other end face of its gas inlet side and its gas outlet side with a plugged material to obtain a plugged honeycomb filter body, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing honeycomb body, on each plane of the plugged honeycomb bodies substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of plugged honeycomb segments each other at their planes substantially parallel to a direction of through-channels into a unified honeycomb structure through the bonding layer, and firing the resulting unified honeycomb structure.

[0026] According to the present invention, there is moreover provided a process for producing a honeycomb filter, characterized by kneading a raw materials mixed powder, a binder and water, molding thus kneaded material and drying thus molded material to obtain a honeycomb body, firing the resulting honeycomb body to obtain a honeycomb segment, subjecting outer surface of the resulting honeycomb body to machining, plugging through-channels alternately at an every other end face of its gas inlet side and its gas outlet side with a plugged material to obtain a plugged honeycomb filter segment, forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing honeycomb body, on each plane of the plugged honeycomb segments substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face, bonding a plurality of plugged honeycomb filter segments each other at their planes substantially parallel to a direction of through-channels into a unified honeycomb filter through the bonding layer, and firing the resulting unified honeycomb filter.

[0027] In these processes for producing the honeycomb structure, etc., it is preferred that the bonding layer is formed continuously. The outer surfaces of the honeycomb structure, etc. obtained may be subjected to machining.

[0028] It is also preferred that a filler composed mainly of a heat-resistant inorganic material is coated on at least part of the sides of the honeycomb filter, etc. The honeycomb structure, etc. after production may have a catalyst loaded thereon.

[0029] It is also preferred that a filler composed mainly of a heat-resistant inorganic material is disposed on at least part of the unbonded portion of each bonding layer-formed plane.

[0030] The honeycomb segments and the bonding layer are preferably composed mainly of at least one kind of ceramic selected from the group consisting of cordierite, mullite, alumina, spinel, silicon carbide, silicon nitride, lithium aluminum silicate, aluminum titanate and combinations thereof, or of a Fe-Cr-Al type metal, or of metal Si and SiC.

Brief Description of the Drawings

[0031]

Fig. 1(a), Fig. 1(b), Fig. 1(c) and Fig. 1(d) are each a perspective view showing an embodiment of the honeycomb structure according to the present invention.

Fig. 2(a) and Fig. 2(b) are each a perspective view showing other embodiment of the honeycomb structure according to the present invention.

Fig. 3(a) and Fig. 3(b) are each a perspective view showing other embodiment of the honeycomb structure according to the present invention.

Fig. 4(a), Fig. 4(b), Fig. 4(c) and Fig. 4(d) are each a perspective view showing still other embodiment of the honeycomb structure according to the present invention.

Fig. 5(a), Fig. 5(b), Fig. 5(c) and Fig. 5(d) are each a perspective view showing still other embodiment of the honeycomb structure according to the present invention.

Fig. 6(a) is a perspective view showing still other embodiment of the honeycomb structure according to the present invention. Fig. 6(b) shows a Y-Y section of Fig. 6(a).

Fig. 7(a) is a perspective view showing still other embodiment of the honeycomb structure according to the present invention. Fig. 7(b) shows a Z-Z section of Fig. 7(a).

Fig. 8(a) is a perspective view showing still other embodiment of the honeycomb structure according to the present invention. Fig. 8(b) shows a A-A section of Fig. 8(a).

Fig. 9(a) is a perspective view showing still other embodiment of the honeycomb structure according to the present

invention. Fig. 9(b) shows a B-B section of Fig. 9(a).

Fig. 10(a) is a side view showing an embodiment of the honeycomb filter according to the present invention. Fig. 10(b) is a plan view of the same honeycomb filter. Fig. 10(c) is a bottom view of the same honeycomb filter.

Fig. 11(a) is a plan view showing an example of slit formation in the honeycomb structure of the present invention.

Fig. 11(b) is a front view of the same honeycomb structure.

Fig. 11(c) is a side view of the same honeycomb structure.

Fig. 11(d) is a bottom view of the same honeycomb structure.

Best Mode for Carrying Out the Invention

[0032] In the honeycomb structure, etc. of the present invention, a plurality of honeycomb segments or honeycomb filters (they are hereinafter referred to as "honeycomb segments, etc." in some cases) are bonded into one piece by a bonding material composed of components substantially same as the components composing the honeycomb bodies. As a consequence, the honeycomb segments and the bonding material show about the same thermal expansion coefficients during the use of filter, whereby the generation of thermal stress can be reduced.

[0033] According to the intensive study made by the present inventors, it has been found that a very large thermal stress appears in the periphery of the gas inlet side or gas outlet side end face of the honeycomb segments, etc. In the present invention, therefore, each bonded plane of the honeycomb segments, etc. is constituted so as to have an unbonded area which includes at least an end portion opening to the above periphery. Accordingly, the thermal stress generated in the honeycomb structure, etc. can be reduced further in addition to the above-mentioned reduction obtained by the use of the bonding material; thereby, the honeycomb structure, etc. of the present invention can be free from cracks or the like and can have excellent durability.

[0034] Hereinafter, in-depth description is made on the constituent features of the honeycomb structure, etc. according to the present invention.

[0035] The honeycomb structure according to the present invention is obtained by unifying a plurality of honeycomb segments each having a large number of through-channels separated from each other by partition walls. The honeycomb filter according to the present invention is obtained by unifying a plurality of honeycomb filter segments each having a large number of through-channels extending from the gas inlet side end face to the gas outlet side end face, separated from each other by partition walls; said through-channels plugged alternately at an every other end face of its gas inlet side and its gas outlet side with a plugged material.

[0036] In the honeycomb segments, etc. according to the present invention, the sectional shape (cell shape) of each through-channel is preferably any of triangle, tetragon, hexagon and corrugation in view of the production efficiency.

[0037] The cell density of each cell formed by partition walls is preferably 6 to 2,000 cells/in.² (0.9 to 311 cells/cm²), more preferably 50 to 400 cells/in.² (7.8 to 62 cells/cm²) in view of the strength and effective GSA (geometrical surface area) of honeycomb segment and the pressure loss during gas flow.

[0038] As the shape of each honeycomb segment, there can be mentioned, for example, a shape which is obtained by dividing a cylinder into three or four portions by a plane including the central axis and which is fan-like in a section perpendicular to the axial direction; and shapes which are obtained by dividing a cylinder into nine or more portions at given intervals by a plane of axial direction and which are fan-like, tetragonal, etc. (different depending upon the portions) in a section perpendicular to the axial direction. Of these, a shape obtained by dividing a honeycomb segment into nine or more portions is preferred because with this shape, a large number of bonded planes can be formed three-dimensionally and the thermal stress of honeycomb filter can be reduced.

[0039] Meanwhile, in the present invention, the honeycomb segments are preferably composed of at least one kind of ceramics selected from the group consisting of cordierite, mullite, alumina, spinel, silicon carbide, silicon nitride, lithium aluminum silicate, aluminum titanate and combinations thereof, or of a Fe-Cr-Al type metal, in view of the strength, heat resistance, etc. Of these, silicon carbide is preferred because it has a high thermal conductivity and can release heat easily.

[0040] In the present invention, it is also preferred that the honeycomb segments are composed mainly of metal Si and SiC. In this case, the Si content in honeycomb segment, specified by Si/(Si+SiC) is preferably 5 to 50% by weight, more preferably 10 to 40% by weight. When the Si content is less than 5% by weight, bonding by Si is insufficient, which may result in insufficient thermal conductivity and strength. Meanwhile, when the Si content is more than 50% by weight, excessive shrinkage appears, which may incur problems such as low porosity, small pore diameter and the like.

[0041] In the present invention, there is no particular restriction as to the plugged material used for plugging through-channels. There can be mentioned, for example, a plugged material composed of the same ceramic and/or metal as used in the honeycomb segments

[0042] In the present invention, each honeycomb segment can be obtained by charging a binder and water into a raw material powder composed of the above-mentioned ceramic and/or metal, kneading the resulting mixture, molding

the kneaded material into a desired shape, drying the molded material to obtain a honeycomb body, and lastly firing the honeycomb body.

[0043] In the present invention, each honeycomb body is preferably subjected to machining of the outer surface for improved dimensional accuracy, prior to the bonding by a bonding material. This machining of outer surface may be carried out to each honeycomb body obtained by molding.

[0044] As the binder used in the present invention, there can be mentioned, for example, hydroxymethyl cellulose, methyl cellulose, hydroxyethyl cellulose, carboxymethyl cellulose and a polyvinyl alcohol. These binders can be used singly or in combination of two or more kinds.

[0045] In the present invention, one may add, as necessary, a molding aid used generally such as ethylene glycol, dextrin, fatty acid soap, polyalcohol or the like.

[0046] The amount of water to be charged is ordinarily about 10 to 40 parts by weight per 100 parts by weight of the above-mentioned powder material. After charging water, the resulting raw material mixture is kneaded using a vacuum kneader or the like to obtain a plastic kneaded material.

[0047] Molding is carried out preferably by extrusion. It can be carried out by using, for example, a ram type extruder or a twin-screw type continuous extruder.

[0048] As the method for drying, there can be mentioned, for example, hot-air drying, microwave drying, dielectric drying, reduced pressure drying, vacuum drying and freeze-drying. Of them, dielectric drying, microwave drying and hot-air drying are preferably conducted singly or in combination. The firing conditions can be selected appropriately depending upon the material used.

[0049] In the honeycomb filter of the present invention, plugging through-channels can be carried out in the honeycomb body after molding and drying, or by plugging through-channels in the honeycomb segment after firing. Of these, it is preferable to plug through-channels of the honeycomb body because the plugged material can show a large bonding strength.

[0050] In the honeycomb segments, etc. of the present invention, two planes each substantially parallel to the direction of the channels of the through-channels are bonded to each other by a bonding material composed mainly of components substantially same as the components composing each honeycomb segment, and each bonded plane includes an unbonded area inclusive of at least one edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face.

[0051] In the present specification, bonded plane means a plane on part of which a bonding material is disposed.

[0052] Unbonded area means part of the bonded plane where no bonding material is disposed. Substantially parallel plane includes even a plane which is not parallel, in a strict sense, as far as such a plane does not hinder bonding of honeycomb segments to each other.

[0053] In the present invention, the bonding material may be either a bonded plane being discontinuously disposed at two or more locations or a bonded plane being continuously disposed. Its continuous formation on bonded plane is preferred because the resulting honeycomb segments, etc. can show a high bonding strength.

[0054] As the shape of the bonding material, there can be mentioned, for example, triangle, rectangle, square, rhombus, trapezoid, ellipse, circle, track circle, half ellipse and half circle. Ellipse, circle, track circle, etc. are preferred because they can easily make uniform the temperature of the whole filter.

[0055] The unbonded area of each bonded plane is preferably formed from the periphery of the gas inlet side end face of the honeycomb structure, etc. or the periphery of the gas outlet side end face of the honeycomb structure, etc. toward the direction of the through-channels, in a length of 10% or more, preferably 30% or more relative to the total length of the honeycomb structure, etc. in the same direction. When the length of the unbonded area is in this range, the thermal stress of the whole honeycomb structure, etc. can be reduced effectively, the generation of cracks, etc. can be prevented, and improved durability can be attained.

[0056] Also, the unbonded area of each bonded plane is preferably formed from the periphery of the gas inlet side end face or the periphery of the gas outlet side end face toward the center of the end face, in a length of 10% or more, preferably 30% or more relative to the total width of the end face of the honeycomb structure, etc. Thereby, larger reduction of thermal stress is possible and further improvement of durability is attained.

[0057] In the present invention, it is preferred that each bonded area is formed in about the center of the honeycomb structure, etc. and that each unbonded area is formed so as to contain all of the lengths of each bonded plane contacting with the side, gas outlet side end face and gas inlet side end face of the honeycomb structure, etc. Thereby, the portions of the honeycomb structure, etc. where thermal stress appears easily, can deform easily and the generation of cracks, etc. can be reduced to a very low level.

[0058] In the present invention, it is further preferred that the unbonded areas are formed symmetrically to the central axis of the honeycomb structure, etc. to minimize the nonuniform deformation of the honeycomb structure, etc. However, as shown in, for example, Figs. 11(a) to 11(d), unbonded areas 12 may be formed asymmetrically to the central axis of the honeycomb structure, etc.

[0059] Meanwhile, in the present invention, the bonding material is composed of components substantially same as

the components composing the honeycomb segments, as mentioned previously.

[0060] Specifically, the bonding material can be composed of, for example, at least one kind of ceramics selected from the group consisting of cordierite, mullite, alumina, spinel, silicon carbide, silicon nitride, lithium aluminum silicate, aluminum titanate and combinations thereof, or a Fe-Cr-Al type metal so that these components correspond to the components of the honeycomb segments mentioned previously.

[0061] Meanwhile, when the honeycomb segments are composed mainly of metal Si and SiC, the bonding material also is preferably composed mainly of metal Si and SiC. In this case, however, it is preferred that the Si content of the bonding material specified by Si/(Si+SiC) is the same as or higher than the Si content of the honeycomb segments (which are bonded to each other by the bonding material) and is 10 to 80% by weight. When the Si content of the bonding material is less than the Si content of the honeycomb segments, it may be impossible to obtain a sufficient bonding strength. When the Si content is more than 80% by weight, oxidation resistance at high temperatures may be insufficient.

[0062] In the present invention, the bonding material can be formed on a honeycomb body by forming a bonding layer composed of components substantially same as the components composing the honeycomb body, on each plane of the honeycomb body substantially parallel to the direction of the through-channels, exclusive of at least one edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face.

[0063] In the honeycomb structure of the present invention, the bonding material may be formed on a honeycomb segment by firing a honeycomb segment on which a bonding layer has been formed; said honeycomb segment having been formed by firing a honeycomb body after molding and drying. In the honeycomb filter of the present invention as well, the bonding material may be formed on a honeycomb filter segment by firing a honeycomb segment having a bonding layer formed thereon and plugged through-channels.

[0064] As a method for the formation of the bonding layer, the layer may be directly coated, on the given planes of a honeycomb segment, a slurry composed of components substantially same as the components composing the honeycomb body; however, in order to secure a predetermined thickness, the layer is preferably bonded by coating a plate of given thickness and of the same components as mentioned above with a slurry of the same components. Preferably, the bonding layer is formed continuously in order to allow each honeycomb segment, etc. to attain a higher bonding strength.

[0065] The honeycomb structure, etc. of the present invention can be obtained by unifying a plurality of bonding layer-formed honeycomb bodies, etc. into one piece and then firing the resulting unified material. The firing conditions can be those suitable for completion of bonding and the heat treatment temperature can be selected appropriately depending upon the kind of the bonding material used. However, the temperature is preferred to be ordinarily 200 to 400°C.

[0066] In the present invention, it is preferred that a filler member composed mainly of a heat-resistant inorganic material is provided at least at part of the unbonded area.

[0067] Thereby, blowing off of a fluid such as a gas through the unbonded area can be prevented.

[0068] When a filler is provided in the honeycomb filter of the present invention, it is preferred that the filler is provided at part of the unbonded area so that at least the portion of the gap formed by the unbonded area, exposed to the gas inlet end face of the honeycomb filter is blocked completely. Thereby, the accumulation of soot on the unbonded area can be prevented and, further, the thermal stress generating in the honeycomb filter can be reduced to a very low level by the gap present between the filler and the bonding material, and by the gap exposed to the gas outlet side end face 14.

[0069] As the filler composed mainly of a heat-resistant inorganic material, there can preferably be used a ceramic fiber, a ceramic powder, a cement, etc. all having heat resistance, singly or in admixture. Further, an organic binder, an inorganic binder or the like may be mixed into the filler as necessary.

[0070] The filler used in the present invention satisfies preferably at least either one of the requirements that its Young's modulus is 80% or less of the Young's modulus of the honeycomb segments and that its strength is smaller than the material strength of the honeycomb segments, more preferably both of the above two requirements.

[0071] When at least either of the above two requirements is satisfied, the thermal stress generated can be reduced greatly and the durability of honeycomb structure, etc. can be improved further. The above Young's modulus is measured and calculated from the relationship between load and displacement according to a test method for isothermal elastic modulus, and the above material strength is measured using a material tester according to a test method for four-point bending strength (JIS 1601).

[0072] In the present invention, it is also preferred that the above-mentioned filler is coated on at least part of the side of the produced honeycomb structure, etc. for improved heat resistance.

[0073] Incidentally, provision of the filler may be carried out by unifying a plurality of honeycomb segments, etc. or a plurality of honeycomb bodies, etc. into one piece, firing the unified article, disposing thereto a filler, followed by drying and as necessary firing; or by disposing a filler to honeycomb segments, etc. or honeycomb bodies, etc., prior to unifying them into one piece and firing it together with the resulting honeycomb segments, etc. or honeycomb bodies, etc.

[0074] In the present invention, the honeycomb segments, etc. unified into one piece (the honeycomb structure, etc.) may be subjected to machining at the outer surface, or the honeycomb segments, etc. unified into one piece and fired (the honeycomb structure, etc.) may be subjected to machining at the outer surface, in view of, for example, the dimensional fitting with container, etc.

[0075] In the present invention, the unified honeycomb structure, etc. can take various shapes such as circle, ellipse, race track shape and the like in the section perpendicular to the direction of the through-channels.

[0076] In the present invention, when the honeycomb structure, etc. are used as a catalyst carrier for purification of the exhaust gas emitted from a heat engine such as an internal combustion engine or a burner such as a boiler or for reformation of a liquid fuel or a gaseous fuel, it is preferred that the honeycomb segments, etc. constituting the honeycomb structure, etc. load thereon at least one kind of metal having catalysis, such as Pt, Pd, Rh or the like.

[0077] When the honeycomb structure is used as a honeycomb filter, since the honeycomb filter causes plugging by particulate material and comes to have a reduced filter capacity as captured particulate materials accumulate on the partition walls, the honeycomb filter is periodically heated by a heating means such as heater or the like to burn and remove the particulate materials, whereby the filter is regenerated. Therefore, in the honeycomb filter, the above-mentioned metal having catalysis may be loaded on the partition walls in order to promote the burning of particulate materials conducted for filter regeneration.

[0078] Hereinafter, the present invention is described in more depth referring to the embodiments shown in the drawings. However, the present invention is not restricted to these embodiments.

[0079] Figs. 1(a), 1(b), 1(c) and 1(d) are each a perspective view showing an embodiment of the honeycomb structure according to the present invention.

[0080] The honeycomb structures 10 shown in Figs. 1(a), 1(b), 1(c) and 1(d) are constituted by bonding four honeycomb segments 21 each having a large number of through-channels 11 extending in the axial direction (the gas flow direction) [an X direction in Figs. 1(a), 1(b), 1(c) and 1(d)] and separated from each other by partition walls. The honeycomb segments 21 are bonded to each other at their planes (bonded planes) 22 substantially parallel to the direction X of the through-channels 11 by a bonding material 25 composed of components substantially same as the components composing the honeycomb segments 21. Each bonded plane 22 has an unbonded area inclusive of an end portion 18 opening to the periphery 15 of the gas outlet side end face. The bonding material 25 is provided continuously.

[0081] In the honeycomb structure 10 shown in Fig. 1(a), each unbonded area 12 is formed in a triangular shape so that the unbonded area 12 includes each part of the lengths of each bonded plane 22 opening to the gas outlet side end face 14 and side 13 of the honeycomb structure 10 and that the width of the unbonded area 12 in a direction Y from the side 13 of the honeycomb structure 10 toward its center becomes gradually smaller toward the gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10. In the honeycomb structure 10 shown in Fig. 1(b), each unbonded area 12 is formed in a rectangular shape so that the unbonded area 12 includes each part of the lengths of each bonded plane 22 opening to the gas outlet side end face 14 and side 13 of the honeycomb structure and that the width of the unbonded area 12 in a direction Y from the side 13 of the honeycomb structure 10 toward its center is constant toward the gas inlet side end face 16. In the honeycomb structure 10 shown in Fig. 1(c), each unbonded area 12 is formed in a triangular shape so that the unbonded area 12 includes the total length of each bonded plane 22 opening to the side 13 of the honeycomb structure 10 and part of the length of each bonded plane 22 contacting with the gas outlet side end face 14 of the honeycomb structure 10 and that the width of the unbonded area 12 in a direction Y from the side 13 of the honeycomb structure 10 toward its center becomes gradually smaller toward the gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10. In the honeycomb structure 10 shown in Fig. 1(d), each unbonded area 12 is formed so that the unbonded area 12 includes the total length of the bonded plane 22 opening to the side 13 of the honeycomb structure 10 and each part of the lengths of each bonded plane 22 contacting with the gas outlet side end face 14 and gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10 and that the width of the unbonded area 12 in a direction Y from the side 13 of the honeycomb structure 10 toward its center is equal thereto toward the gas outlet side end face.

[0082] In the honeycomb structures 10 shown in Figs. 1(a), 1(b), 1(c) and 1(d), even when non-uniform temperature distribution (e.g. high or low temperatures in particular locations) arises, the individual portions of the honeycomb structure 10 can make free deformation without being restricted by each other, the thermal stress is reduced, and generation of cracks can be minimized.

[0083] Particularly in the honeycomb structures 10 shown in Figs. 1(c) and 1(d), thermal stress is greatly reduced in the whole portion of honeycomb structure 10; therefore, these honeycomb structures are effective particularly in the application where temperature non-uniformity takes place in the whole portion of honeycomb structure 10.

[0084] The honeycomb structures 10 shown in Figs. 2(a) and 2(b) are constituted by bonding three honeycomb segments 21. In the honeycomb structure 10 shown in Fig. 2(a), as in Fig. 1(c), each unbonded area 12 is formed in a triangular shape so that the unbonded area 12 contains the total length of each bonded plane 22 contacting with the side 13 of the honeycomb structure 10 and part of the length of each bonded plane 22 opening to the gas outlet side end face 14 of the honeycomb structure 10 and that the width of the unbonded area 12 in a direction Y from the side 13 of the honeycomb structure 10 toward its center becomes gradually smaller toward the gas inlet side end face 16

of the honeycomb structure 10. In the honeycomb structure 10 shown in Fig. 2(b), as in Fig. 1(d), each unbonded area 12 is formed so that the unbonded area 12 includes the total length of the bonded plane 22 opening to the side 13 of the honeycomb structure 10 and each part of the lengths of each bonded plane 22 opening to the gas outlet side end face 14 and gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10 and that the width of the unbonded area 12 in a direction Y from the side 13 of the honeycomb structure 10 toward its center is equal thereto toward the gas inlet side end face 16.

[0085] In such honeycomb structures as well, reduction of thermal stress of about the same level as in the honeycomb structures 10 shown in Figs. 1(a), 1(b), 1(c) and 1(d), can be obtained.

[0086] Figs. 3(a) and 3(b) are each a perspective view showing other embodiment of the honeycomb structure according to the present invention.

[0087] In the honeycomb structure 10 shown in Fig. 3(a), each unbonded area 12 is formed so as to include part of the length of each bonded plane 22 contacting with the side 13 of the honeycomb structure 10 and the total length of the bonded plane 22 contacting with the gas outlet side end face 14 of the honeycomb structure 10. Further, in this structure, the unbonded areas 12 are formed so as to continuously connect the two points (A and B) and also the two points (C and D) of the periphery 15 of the gas outlet side end face and cross with each other at the center of the gas outlet side end face 14.

[0088] In such a honeycomb structure 10, reduction in thermal stress is large at the gas outlet side end face 14 of the honeycomb structure 10.

[0089] In the honeycomb structure 10 shown in Fig. 3(b), each unbonded area 12 is formed so as to further include part of the length of the bonded plane 22 opening to the side 13 of the honeycomb structure 10 and the total length of the bonded plane 22 opening to the gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10. Further, in this structure, the unbonded areas 12 are formed, as in the gas outlet side end face 14, so as to continuously connect the two points [not shown in Fig. 3(b)] of the periphery 17 of the gas inlet side end face and cross with each other at the center of the gas inlet side end face 16.

[0090] In such a honeycomb structure 10, reduction in thermal stress is large at the gas outlet end face 14 and the gas inlet side end face 16 and the generation of cracks can be prevented further.

[0091] In the honeycomb structures 10 shown in Figs. 4(a), 4(b), 4(c) and 4(d), a bonding material 25 is formed at the center of each honeycomb structure 10; and each unbonded area 12 is formed so as to include all of the lengths of each bonded plane 22 opening to the side 13, gas outlet side end face 14 and gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10. Fig. 4(a) is a case wherein the bonding material 25 has a rectangular section; Fig. 4(b) is a case wherein the bonding material 25 has a circular section; Fig. 4(c) is a case wherein the bonding material 25 has a race truck-shaped section; and Fig. 4(d) is a case wherein the bonding material 25 has a rhombic section.

[0092] In these honeycomb structures 10, reduction in thermal stress is extremely large, and cracks, etc. do not appear even when temperature non-uniformity (e.g. high or low temperatures in particular locations) is large and such non-uniformity is present in the whole honeycomb structure.

[0093] Meanwhile, in the honeycomb structures 10 shown in Figs. 5(a), 5(b), 5(c) and 5(d), each unbonded area 12 is formed so that the unbonded area 12 includes all of the lengths of each bonded plane 22 opening to the side 13 and gas outlet side end face 14 of the honeycomb structure 10 and part of the length of the bonded plane 22 opening to the gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10 and that part of a bonding material 25 is exposed to the gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10.

[0094] In these honeycomb structures, the thermal stresses appearing particularly in the gas outlet side end face 14 and the side 13 are reduced greatly.

[0095] In the honeycomb structures 10 shown in Figs. 6(a) and 6(b) and Figs. 7(c) and 7(d), as in the honeycomb structures shown in Figs. 4(a), 4(b), 4(c) and 4(d), each unbonded area 12 is formed so as to include all of the lengths of each bonded plane 22 opening to the side 13, gas outlet side end face 14 and gas inlet side end face 16 of each honeycomb structure 10. Further, these honeycomb structures are each constituted by bonding nine honeycomb segments 14 and therefore each have a large number of bonded planes 22.

[0096] In the honeycomb structures 10 shown in Figs. 6(a) and 6(b), as in Fig. 4(a), the bonding member 25 has a rectangular section; in the honeycomb structures 10 shown in Figs. 7(a) and 7(b), the bonding material 25 has an elliptical section.

[0097] In these honeycomb structures 10, the same effect as mentioned for the honeycomb structures 10 shown in Figs. 4(a) to 4(d) is obtained; moreover, since a large number of unbonded areas 12 can be formed uniformly in each honeycomb structure 10, the thermal stress generating in the honeycomb structure 10 can be reduced greatly.

[0098] In the honeycomb structure 10 shown in Figs. 8(a) and 8(b), as in the honeycomb structures shown in Figs. 4(a) 4(b), 4(c) and 4(d), four honeycomb segments 21 are bonded by a bonding material 25; the bonding material 25 is provided at the center of each honeycomb structure 10; each unbonded area 12 is formed so as to include all of the lengths of each bonded plane 22 opening to the side 13, gas outlet side end face 14 and gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10. Further, in this honeycomb structure 10, a filler 24 is provided in a portion of each unbonded

area 12 so as to surround part of the bonding material 25 and be exposed to part of the side 13; and each unfilled portion 31 (which is a gap) is formed so as to contain part of the length of each bonded plane 22 contacting with the side 13 of the honeycomb structure 10 and all of the lengths of each bonded plane 22 opening to the gas outlet side end face 14 and gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10.

[0099] In this honeycomb structure 10, since there is no flowing of gas through the unbonded area 12 in the direction of the through-channels owing to the presence of the filler 24, the blowing off of gas through the unbonded area 12 can be prevented; further, since the unfilled portion 31 is formed over each total length of the bonded plane 22 opening to the gas outlet side end face 14 and gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10, reduction in thermal stress is extremely large.

[0100] The honeycomb structure 10 shown in Figs. 9(a) and 9(b) has the same constitution as the honeycomb structure 10 shown in Figs. 8(a) and 8(b) except that as in the honeycomb structure 10 shown in Figs. 6(a) and 6(b), nine honeycomb segments 14 are bonded and therefore a large number of bonded planes 22 are formed.

[0101] In this honeycomb structure 10, the same effect as mentioned for the honeycomb structure 10 shown in Figs. 8(a) and 8(b) is obtained; further, since a large number of unbonded areas 12 can be formed uniformly in the honeycomb structure 10, the thermal stress generating in the honeycomb structure 10 can be reduced to a very low level.

[0102] Figs. 10(a), 10(b) and 10(c) show an embodiment used as a honeycomb filter.

[0103] In the honeycomb filter 1 shown in Figs. 10(a), 10(b) and 10(c), as in the honeycomb structures 10 shown in Figs. 4(a), 4(b), 4(c) and 4(d), four honeycomb filter segments 33 are bonded by a bonding material 25, the bonding material 25 is provided at the center of the honeycomb filter 1, and each unbonded area 12 is formed so as to include all of the lengths of each bonded plane 22 opening to the side 13, gas outlet side end face 14 and gas inlet side end face 16 of the honeycomb filter 1. Further, in this honeycomb filter 1, a filler 24 is provided in a portion of each unbonded area 12 so as to block all the portion of the unbonded area 12 exposed to the gas inlet side end face 16 of the honeycomb filter 1; and an unfilled portion 31 which forms a gap without being filled with a filler is formed between the above filler 24 and the bonding material 25 and also so as to be exposed to the gas outlet side end face 14.

[0104] This honeycomb filter 1 shows no accumulation of the soot present in exhaust gas, at the unfilled portion 31 of the gas inlet side of the filter 1 and can be suitably used as a honeycomb filter. Further, having no gap at the end face 14 of the gas outlet side or in the vicinity of the end face 16 of the gas inlet side, the honeycomb filter 1 shows a very large reduction in thermal stress.

[0105] Next, description is made on examples of the process for producing a honeycomb structure or a honeycomb filter according to the present invention. However, the present invention is not restricted to these examples.

(Production Example 1)

[0106] There was used, as raw materials, a mixed powder consisting of 75% by weight of a SiC powder and 25% by weight of a metal Si powder. Thereto were added methyl cellulose, hydroxypropyl methyl cellulose, a surfactant and water to produce a plastic kneaded material.

[0107] Then, this kneaded material was subjected to extrusion molding to obtain a cylindrical body. The cylindrical body was cut into nine parts in the axial direction at given intervals to obtain a plurality of honeycomb bodies of 0.3 mm in partition wall thickness and 31 cells/cm² in cell density, each having a different shape (e.g. fan or square) in a section perpendicular to the axial direction.

[0108] Next, these plural honeycomb bodies were dried using a microwave and hot air, after which a bonding layer having the same composition as that of the above-mentioned kneaded material was formed on each honeycomb body at about the center of each plane of the honeycomb body parallel to the direction of the through-channels of the honeycomb body. The resulting honeycomb bodies were unified into one piece by bonding them via the bonding layer, followed by drying. The resulting unified material was subjected to debinding at about 400°C in an N₂ atmosphere and then fired at about 1,550°C in an inert gas atmosphere (e.g. Ar). Then, a filler containing, for example, an aluminosilicate fiber, a SiC powder, a metal Si powder, an organic binder, an inorganic binder and water was filled at a width of 5 to 10 mm at part of the bonding layer-free area of each bonding layer-formed plane, followed by drying at about 100°C, whereby could be produced a honeycomb structure shown in Fig. 9, having a dimension of 144 mm (diameter) and 152 mm (length) and a gap (bonded area) of 2 mm.

(Production Example 2)

[0109] A honeycomb structure shown in Fig. 9 could be produced in the same manner as in Production Example 1 except that in Production Example 1, a plurality of rectangular parallelepiped honeycomb bodies of 50 mm x 50 mm (end face) were produced, unified into one piece, and fired to obtain a honeycomb structure, this honeycomb structure was subjected to machining of outer surface to obtain a cylinder of 144 mm (diameter) and 152 mm (length), a kneaded material (which was the same as the bonding layer formed previously) was coated on the side of the cylinder, and the

kneaded material-coated cylinder was fired.

(Production Example 3)

[0110] A honeycomb structure shown in Fig. 9 could be produced in the same manner as in Production Example 1 except that in Production Example 1, a plurality of prismatic honeycomb bodies of 50 mm x 50 mm (end face) were produced, bonded into one piece, and fired to obtain a honeycomb structure, this honeycomb structure was subjected to machining of outer surface to obtain a cylinder of 144 mm (diameter) and 152 mm (length), a filler was coated on the side of the cylinder, and the filler-coated cylinder was dried.

(Production Example 4)

[0111] Honeycomb filters could be produced in the same manners as in Production Examples 1 to 3 except for the step of plugging alternately an every other end face of the inlet side and outlet side of the through-channels of the honeycomb segment.

(Examples)

[0112] The present invention is described more specifically below by way of illustrative Examples. However, the present invention is not restricted to these Examples.

(Example 1)

[0113] A SiC-made honeycomb body having a dimension of 144 mm (diameter) x 152 mm (length), a partition wall thickness of 0.3 mm and a cell density of 31 cells/cm² was produced according to Production Example 1; a plural number of through-channels of the honeycomb structure passing through the end face of the inlet side and the end face of the outlet side was alternately plugged every other end of the inlet side and outlet side of the honeycomb structure, whereby was produced a particulate honeycomb filter for purification of diesel engine exhaust gas. In this honeycomb filter, as shown in Fig. 1(a), each unbonded area 12 was formed in a triangular shape so that the unbonded area 12 included each part of the lengths of each bonded plane 22 opening to the gas outlet side end face (upper end face) 14 and side 13 of the honeycomb structure 10 and that the width of the unbonded area 12 in a direction Y from the side 13 of the honeycomb structure 10 toward its center became gradually smaller toward the gas inlet side end face 16 of the honeycomb structure 10; and the lengths of each unbonded area 12 were 30 mm from the periphery 15 of the gas outlet side end face (upper end face) of the honeycomb structure 10 toward the direction of the channels of the through-channels and 50 mm from the periphery 15 of the gas outlet side end face (upper end face) of the honeycomb structure 10 toward its center.

(Examples 2 to 6 and 10)

[0114] Honeycomb filters were produced in the same manner as in Example 1 except that they had structures having unbonded areas shown in Fig. 1(d), Fig. 3(a), Fig. 3(b), Fig. 4(a), Fig. 4(b) and Fig. 7 and that when each unbonded area 12 (gap) of honeycomb structure 10 was formed so as to be exposed to the gas inlet side end face (lower end face) 16, each exposed portion was filled with a filler 25 having the properties shown in Table 1, at a depth of 6 mm.

[0115] Incidentally, in Table 1, Young's modulus ratio refers to a ratio of Young's modulus of filler to Young's modulus of honeycomb segment. Each Young's modulus was measured and calculated from the relation between load and displacement, according to a test method for isothermal elastic modulus. Also in Table 1, strength refers to a strength of filler to that of honeycomb segment. Each strength was measured using a material tester according to a four-point bending strength test (JIS 1601). A case when the filler had a larger strength, was reported as large; and a case when the filler had a smaller strength, was reported as small.

(Examples 7 to 9)

[0116] There were produced honeycomb filters same as that of Example 6 except that the fillers used had Young's moduli and strengths as shown in Table 1.

(Example 11)

[0117] There was produced a honeycomb filter same as that of Example 1 except that each unbonded area 12 was

formed so as to have a length of 15 mm from the periphery 15 of the gas outlet side end face (upper end face) of the honeycomb structure 10 toward its center and a length of 5 mm from the periphery 15 of the gas outlet side end face (upper end face) of the honeycomb structure 10 toward the direction of the through-channels of the honeycomb structure 10.

(Examples 12 and 13)

[0118] There were produced honeycomb filters same as that of Example 1 except that the structure shown in Fig. 3 (a) was employed and that each unbonded area 12 was formed so as to have a length of 15 mm or 5 mm from the periphery 15 of the gas outlet side end face (upper end face) of the honeycomb structure 10 toward the direction of the through-channels of the honeycomb structure 10 and a length of 15 mm or 5 mm from the periphery 15 of the gas outlet side end face (upper end face) of the honeycomb structure 10 toward its center.

(Comparative Example 1)

[0119] There was produced a honeycomb filter same as that of Example 1 except that no unbonded area was formed.

(Evaluation)

[0120] A ceramic nonintumescent mat as a holding material was wound round the side 13 of a honeycomb structure (a honeycomb filter) 10 and forced into a canning case to obtain a canning structure. Then, a soot-containing combustion gas generated by burning a gas oil (a diesel fuel) was allowed to enter the honeycomb structure (honeycomb filter) 10 from its lower end face 16 and leave from its upper end face 14, to load soot in the honeycomb structure (honeycomb filter) 10. The honeycomb structure (honeycomb filter) 10 was allowed to cool to room temperature. Then, a combustion gas containing a given proportion of oxygen was allowed to enter the honeycomb structure (honeycomb filter) 10 from its lower end face 16, to burn and remove the soot. Thus, a filter regeneration test was conducted.

[0121] In the honeycomb filters of Examples 1 to 10 and Comparative Example 1, the transition period in which inlet gas temperature was increased from room temperature to 800°C, and the amount of soot loaded were each set at three levels as follows.

[0122] Transition period:

Standard = 300 seconds

Short = 240 seconds

Shortest = 180 seconds

[0123] Amount of soot captured:

Standard = 10 g/liter

Large = 14 g/liter

Largest = 18 g/liter

Then, the above-mentioned filter regeneration test was carried out and generation of cracks was examined at the upper end face (outlet), lower end face (inlet), side and inside of the honeycomb structure.

[0124] Meanwhile, in the honeycomb filters of Examples 1 and 11 to 13, the amount of soot loaded was set at six levels ranging from 10 g/liter to 20 g/liter (the transition period was standard), and the above-mentioned filter regeneration test was conducted.

[0125] The results are shown in Table 1 and Table 2.

[0126] Incidentally, as to the generation of cracks, no generation was reported as ○ and generation in any amount

(much or little) was reported as Δ .

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Table 1

	Structure	Amount of soot captured		Largest						Large						Standard			
				Transition period			Shortest			Short			Standard						
		Sites of cracks examined		In-let	Out-let	In-side	In-let	Out-let	In-side	In-let	Out-let	In-side	In-let	Out-let	In-side				
Filler		Young's modulus ratio	Strength																
Ex. 1	Fig. 1(a)	80%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 2	Fig. 1(d)	80%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 3	Fig. 3(a)	80%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 4	Fig. 3(b)	80%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 5	Fig. 4(a)	80%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 6	Fig. 4(b)	80%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 7	Fig. 4(b)	83%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 8	Fig. 4(b)	80%	Large	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 9	Fig. 4(b)	85%	Large	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Ex. 10	Fig. 7	80%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Comp. Ex. 1	No unbonded area	80%	Small	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

Table 2

Structure	Example 1 Fig. 1(a)	Example 11 Fig. 1(a)	Example 12 Fig. 3(a)	Example 13 Fig. 3(a)
Unbonded area	Length toward center 50 mm	15 mm	15 mm	5 mm
Honeycomb structure	Length in through-channel direction 30 mm	5 mm	15 mm	5 mm
	Diameter 144 mm	144 mm	144 mm	144 mm
	Total length 152 mm	152 mm	152 mm	152 mm
Amount of Soot loaded (g/l)	10	○	○	○
	12	○	○	△
	14	○	△	△
	16	○	○	△
	18	○	○	△
	20	○	△	△

[0127] As appreciated from Table 1, in the honeycomb structure of Comparative Example 1 having no unbonded area, cracks appeared in the inlet side end face and the outlet side end face even under the standard conditions; in contrast, no crack appeared under the same standard conditions in the honeycomb filters of Examples 1 to 10 [Fig. 1 (a), Fig. 1(d), Fig. 3(a), Fig. 3(b), Fig. 4(a), Fig. 4(b) and Fig. 7].

[0128] As the transition period was shortened and the amount of soot loaded was increased, temperature non-uniformity became bigger, and cracks appeared partly when the unbonded area was formed only in the vicinity of one end face of honeycomb filter as in Fig. 1(a) and Fig. 3(a). However, substantially no crack appeared in the filter of Fig. 4 (b) having each unbonded area so as to contain all of the lengths of each bonded plane contacting with the side, gas outlet side end face and gas inlet side end face of honeycomb filter; and no crack appeared in the filter of Fig. 7 having an increased number of bonded planes. Generation of cracks was low when the Young's modulus of filler was 80% or less of the Young's modulus of honeycomb segment or the strength of filler was smaller than the strength of honeycomb segment.

[0129] As also appreciated from Table 2, when the lengths of the unbonded area from the periphery 15 of upper end face of honeycomb structure 10 toward its through-channel direction and from the periphery 15 of upper end face of honeycomb structure 10 toward its center become smaller than given levels, there was a tendency that the degree of crack generation increased with the increase in the amount of soot.

Industrial Applicability

[0130] As described above, in the honeycomb structure and honeycomb filter of the present invention, the individual portions are not restricted by each other and can make free deformation even when there appears temperature non-uniformity therein; therefore, thermal stress can be reduced and generation of cracks can be prevented.

Claims

1. A honeycomb structure possessing a plurality of honeycomb segments each having a large number of through-channels separated from each other by partition walls; said honeycomb structure formed as a unified body by bonding said plurality of honeycomb segments each other at their planes substantially parallel to a direction of through-channels with a bonding material being composed of components substantially same as components composing the honeycomb segments,

characterized in that each bonded plane of each honeycomb segment includes an unbonded area inclusive of at least one edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face and/or a periphery of its gas outlet side end face.

2. A honeycomb structure possessing a plurality of honeycomb segments each having a large number of through-channels separated from each other by partition walls; said honeycomb structure formed as a unified body by bonding said plurality of honeycomb segments each other at their planes substantially parallel to a direction of through-channels with a bonding material,

characterized in that said honeycomb segments are composed mainly of metal Si and SiC and has a Si content defined by $\text{Si}/(\text{Si}+\text{SiC})$, of 5 to 50% by weight,

the bonding material is composed mainly of metal Si and SiC and its Si content defined by $\text{Si}/(\text{Si}+\text{SiC})$ is equal to or higher than Si content of said honeycomb segments and is 10 to 80% by weight, and that

each bonded plane of said honeycomb segments includes an unbonded area inclusive of at least one edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face and/or a periphery of its gas outlet side end face.

3. A honeycomb structure according to Claim 1 or 2,

characterized in that the bonding material is provided continuously on each bonded plane.

4. A honeycomb structure according to any one of Claims 1 to 3,

characterized in that the unbonded area of each bonded plane is formed from the periphery of the gas inlet side end face or the periphery of the gas outlet side end face toward a direction of the through-channels, in a length of 10% or more relative to a total length of the honeycomb structure in said direction.

5. A honeycomb structure according to any one of Claims 1 to 4,

characterized in that the unbonded area of each bonded plane is formed from the periphery of the gas inlet side end face or the periphery of the gas outlet side end face toward a direction of a center of the end face, in a length of 10% or more relative to a total width of the end face of the honeycomb structure in said direction.

6. A honeycomb structure according to any one of Claims 1 to 5,
characterized in that a filler composed mainly of a heat-resistant inorganic material is provided on at least a part of the unbonded area of each bonded plane.

7. A honeycomb structure according to Claim 6,
characterized in that the filler satisfies at least either one of requirements that its Young's modulus is 80% or less of the Young's modulus of honeycomb segments, and that its material strength is smaller than a material strength of said honeycomb segments.

8. A honeycomb structure according to any one of Claims 1 and 3 to 7,
characterized in that the honeycomb segments are composed mainly of at least one kind of ceramics selected from the group consisting of cordierite, mullite, alumina, spinel, silicon carbide, silicon nitride, lithium aluminum silicate, aluminum titanate and combinations thereof, or of a Fe-Cr-Al type metal.

9. A honeycomb structure according to any one of Claims 1 to 8,
characterized in that a catalyst is loaded on partition walls of the honeycomb segments.

10. A honeycomb structure according to any one of Claims 1 to 9,
characterized in that said honeycomb structure is a honeycomb filter.

12. A process for producing a honeycomb structure,
characterized by
 kneading powders of raw materials, a binder and water,
 molding thus obtained kneaded material and drying a molded material to obtain a honeycomb body,
 forming a bonding layer composed of components substantially same as components composing the honeycomb body, on each plane of honeycomb bodies substantially parallel to a direction of through-channels, at least exclusive of an edge portion opening to a periphery of its gas inlet side end face or a periphery of its gas outlet side end face,
 bonding a plurality of resulting honeycomb bodies into unified honeycomb structures through said bonding layer, and
 firing the resulting unified honeycomb structures.

13. A process for producing a honeycomb structure according to claim 12, wherein said honeycomb body is fired prior to the formation of the bonding layer.

14. A process for producing a honeycomb structure according to claim 12, **characterized in that** said process further includes machining of outer surface of the honeycomb body.

15. A process for producing a honeycomb structure according to claim 12, wherein outer surface of the honeycomb body is subjected to machining and then the machined honeycomb body is fired prior to the unifying honeycomb bodies through the bonding layer.

16. A process for producing a honeycomb structure according to claim 12, wherein the bonding layer is formed continuously.

17. A process for producing a honeycomb structure according to any one of claims 12 to 16, wherein outer surface of the honeycomb structure is further subjected to machining.

18. A process for producing a honeycomb structure according to any one of Claims 12 to 17, wherein a filler composed mainly of a heat-resistant inorganic material is coated on at least part of the side of the honeycomb structure obtained.

19. A process for producing a honeycomb structure according to any one of Claims 12 to 17, wherein a filler composed mainly of a heat-resistant inorganic material is disposed onto at least part of portion wherein the bonded layer is not formed among the plane of the honeycomb segment on which the bonded layer is formed.

20. A process for producing a honeycomb structure according to any one of Claims 12 to 19, wherein the honeycomb body and the bonding layer are composed mainly of at least one kind of ceramics selected from the group

EP 1 291 061 A1

consisting of cordierite, mullite, alumina, spinel, silicon carbide, silicon nitride, lithium aluminum silicate, aluminum titanate and combinations thereof, or of a Fe-Cr-Al type metal, or of metal Si and SiC.

21. A process for producing a honeycomb structure according to any one of Claims 12 to 20, wherein a catalyst is loaded on a honeycomb structure after producing said honeycomb structure.

22. A process for producing a honeycomb structure according to any one of Claims 19 to 21, wherein the honeycomb structure is a honeycomb filter.

FIG. 1(a)

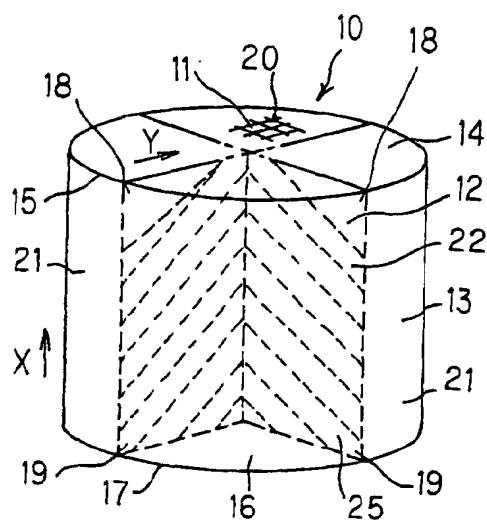


FIG. 1(c)

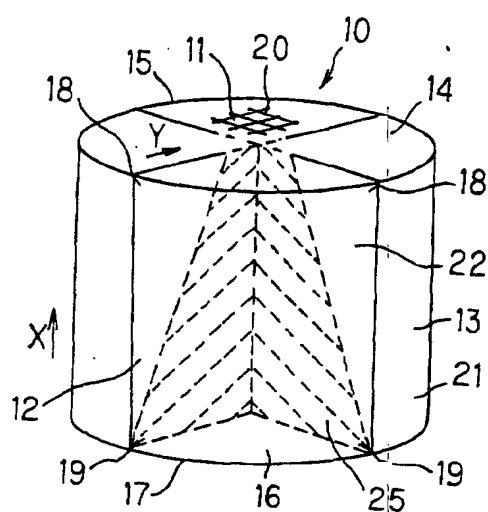


FIG. 1(b)

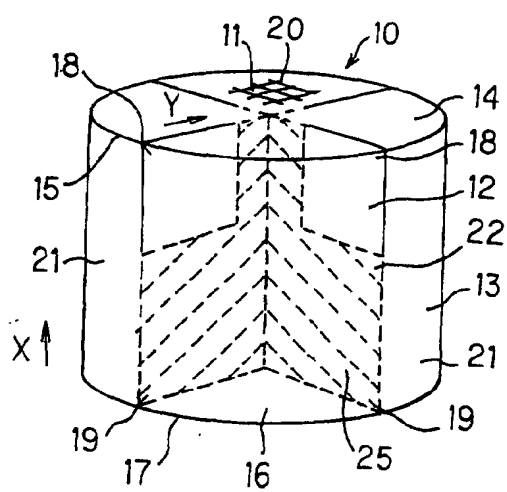


FIG. 1(d)

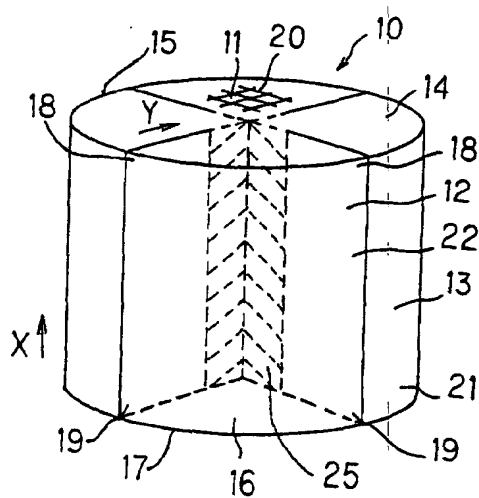


FIG. 2(a)

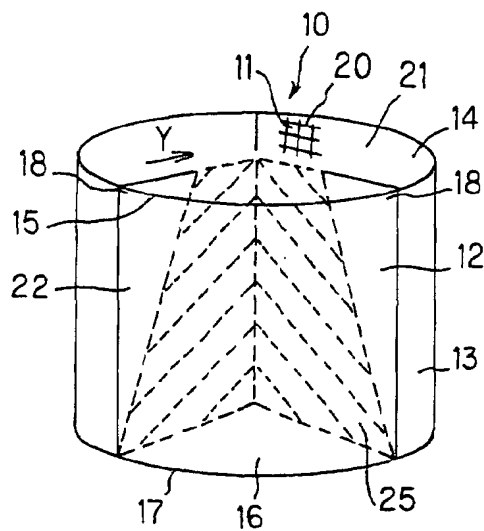


FIG. 2(b)

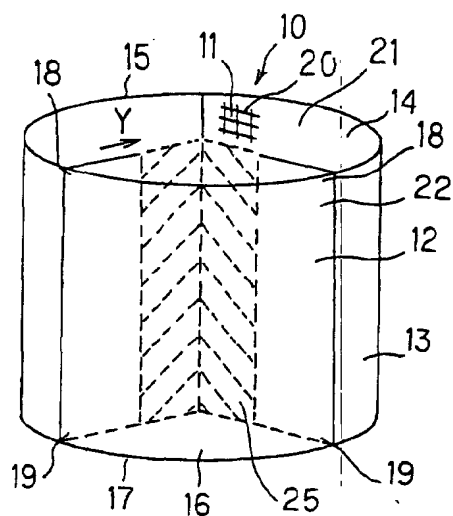


FIG. 3(a)

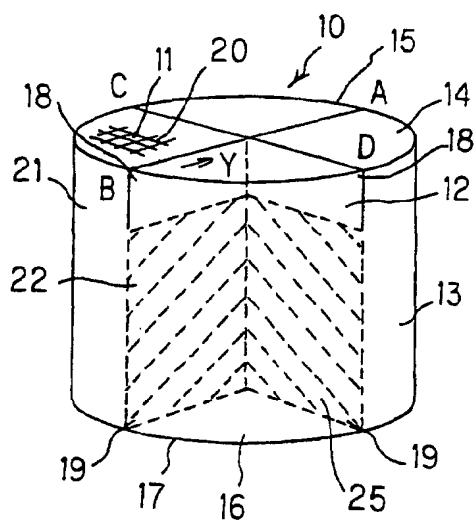


FIG. 3(b)

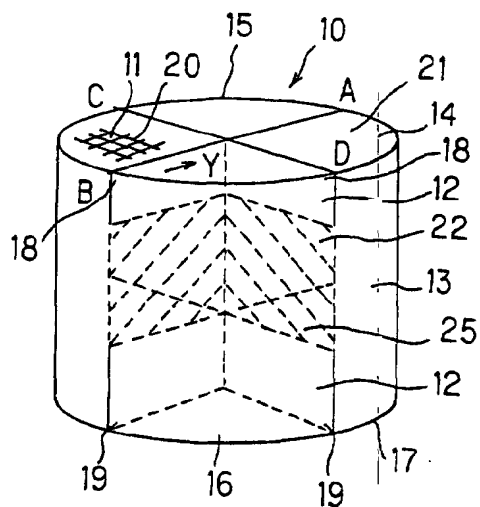


FIG. 4(a)

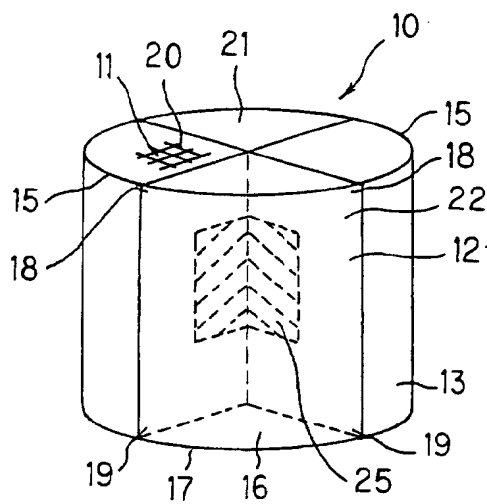


FIG. 4(b)

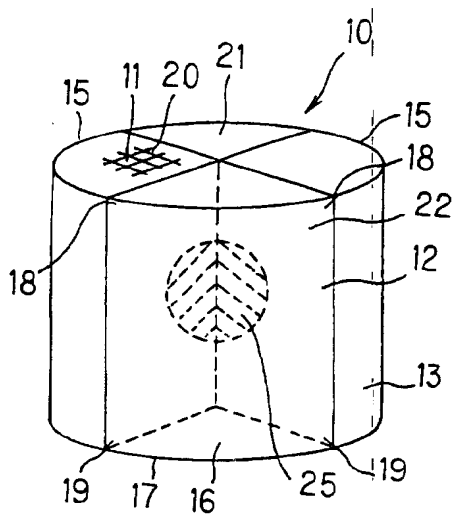


FIG. 4(c)

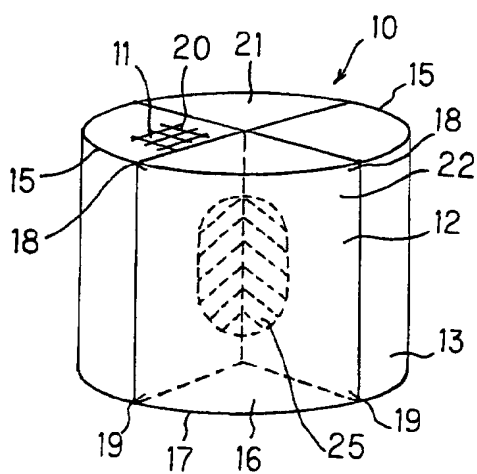


FIG. 4(d)

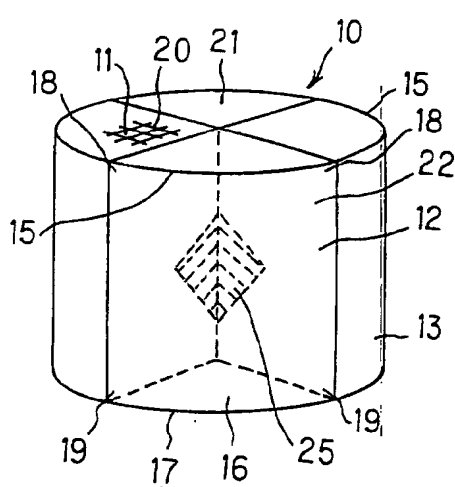


FIG. 5(a)

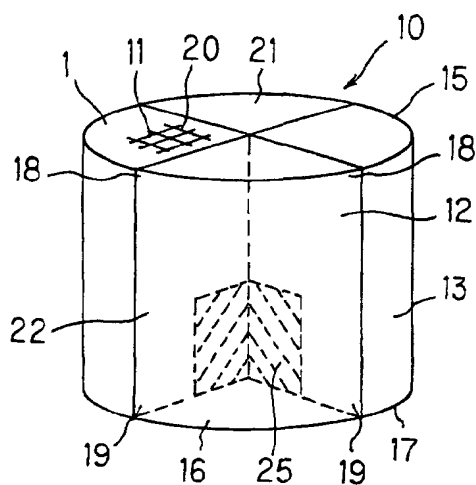


FIG. 5(b)

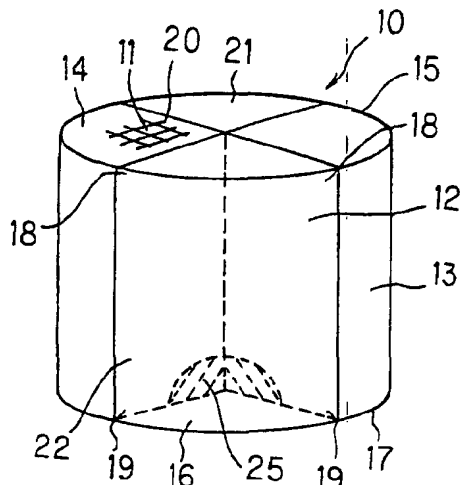


FIG. 5(c)

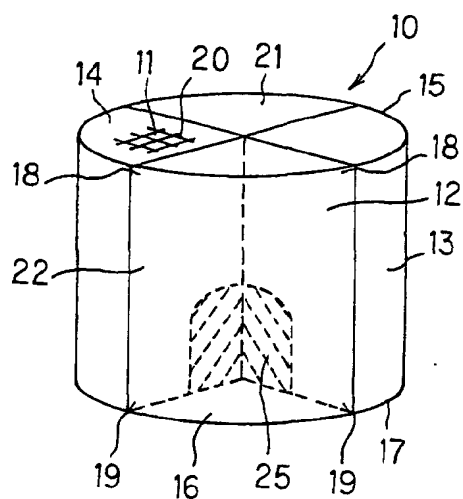


FIG. 5(d)

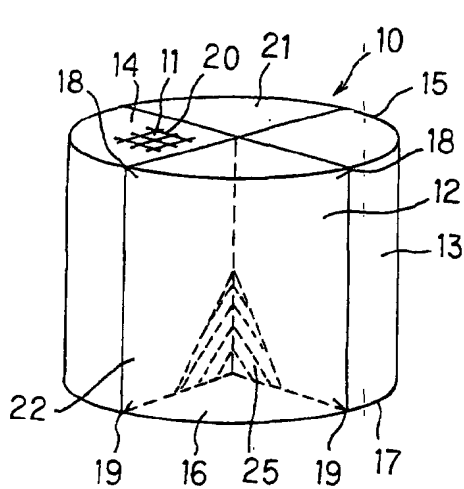


FIG. 6(a)

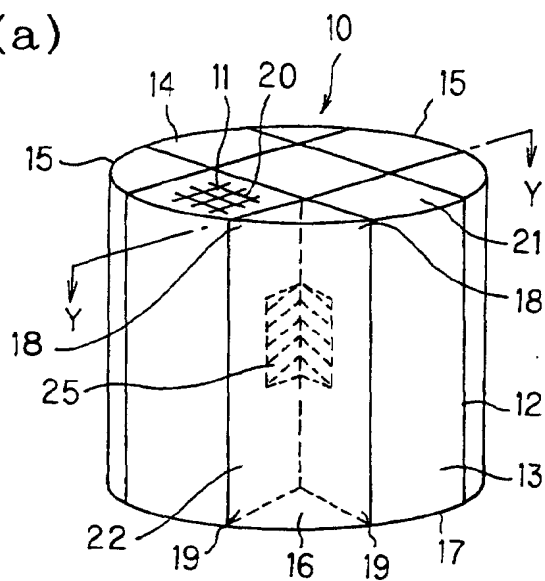


FIG. 6(b)

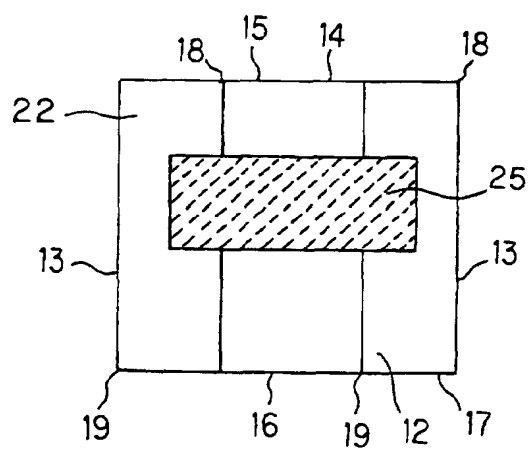


FIG. 7(a)

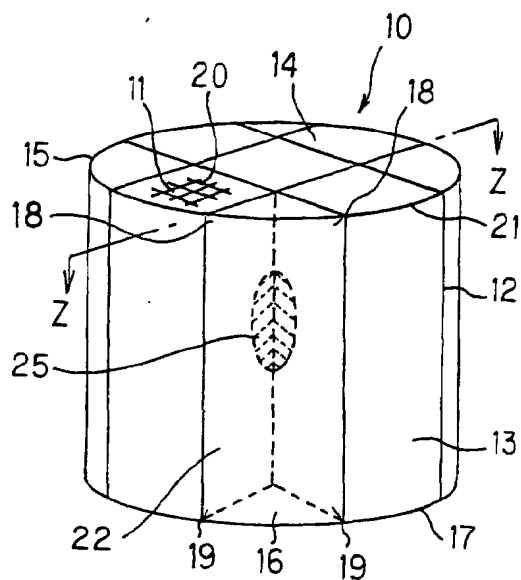


FIG. 7(b)

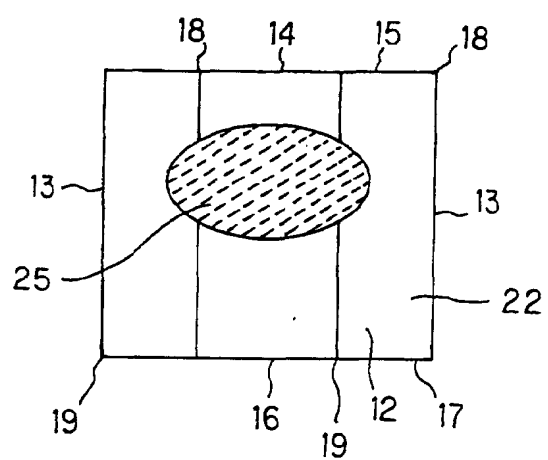


FIG. 8(a)

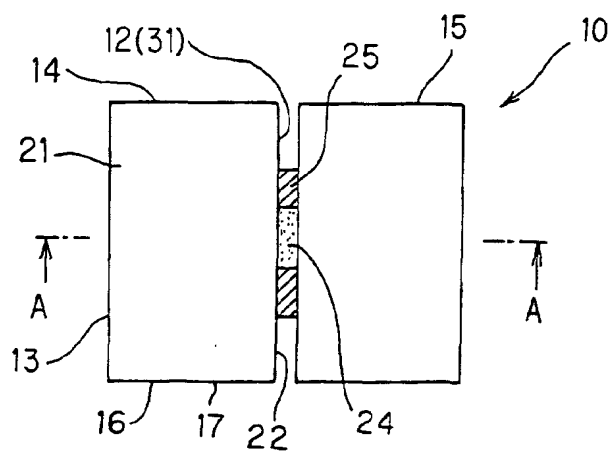


FIG. 8(b)

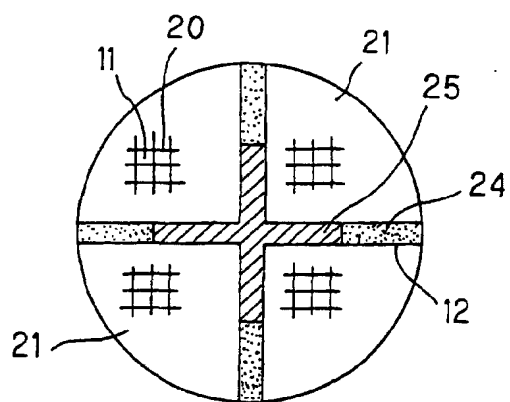


FIG. 9(a)

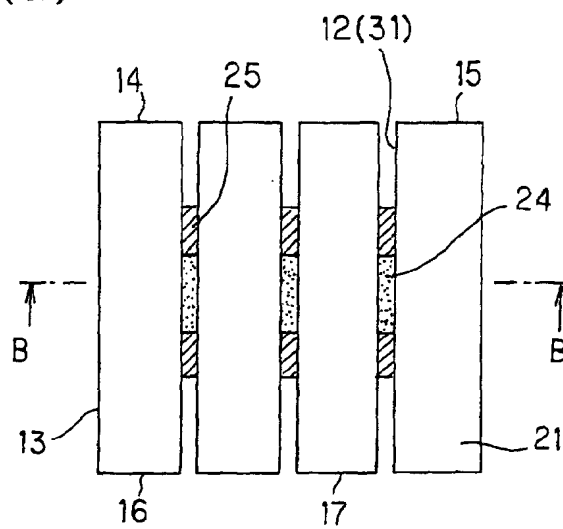


FIG. 9(b)

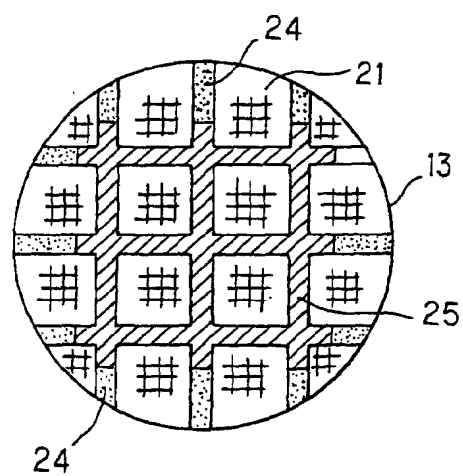


FIG.10(a)

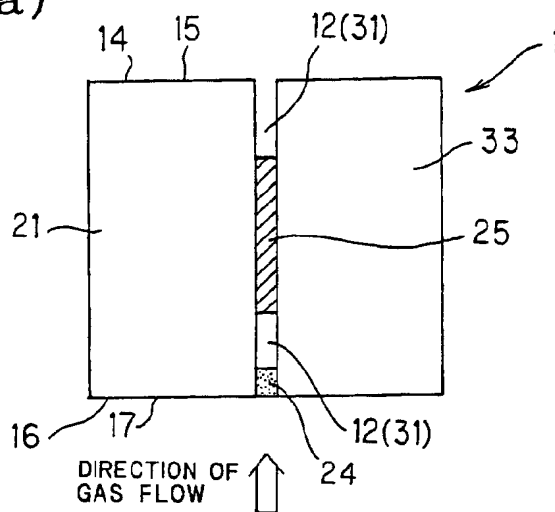


FIG.10(b)

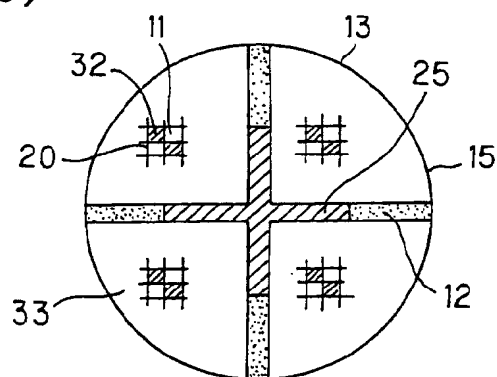


FIG.10(c)

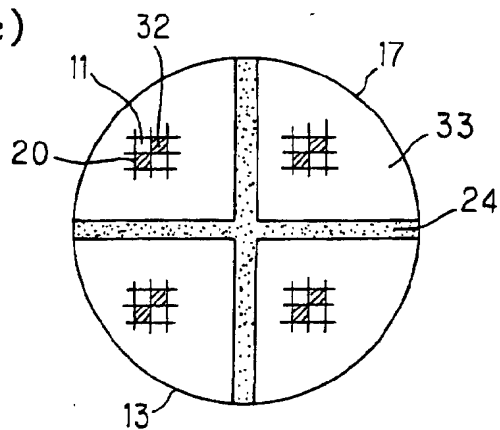


FIG. 11(a)

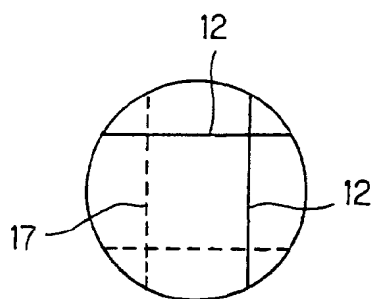


FIG. 11(b)

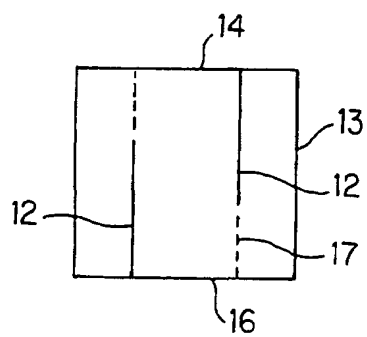


FIG. 11(c)

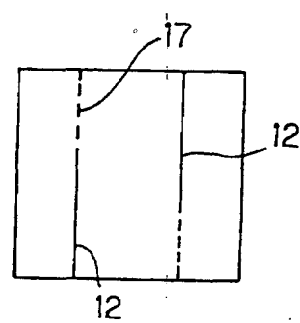
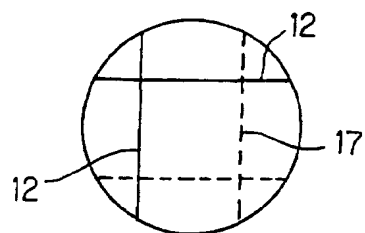


FIG. 11(d)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/04688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁷ B01D39/20, B01D53/86, B01J35/04, C04B35/56, B28B11/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁷ B01D39/20, B01D53/86, B01J35/04, C04B35/56, B28B11/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) WPI (DIALOG)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4335783 A (Corning Glass Works), 22 June, 1982 (22.06.82), column 3, line 43 to column 9, line 15; Claims (Family: none)	1, 3-5, 8-10, 12-14, 17-26, 29-38, 41, 42
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 26566/1989 (Laid-open No. 117033/1990), (NGK Insulators, Ltd.), 19 September, 1990 (19.09.90), Claims of Utility Model; Field of Industrial Application; working example; Effects of the Device (Family: none)	1, 3-5, 8-10, 12-14, 17-26, 29 -38, 41, 42
Y	US 4304585 A (NGK Insulators Ltd.), 08 December, 1981 (08.12.81), entire description; drawings & JP 55-46338 A	1, 3-5, 8-10, 12-14, 17-26, 29-38, 41, 42
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 August, 2001 (22.08.01)		Date of mailing of the international search report 04 September, 2001 (04.09.01)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/04688

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5914187 A (Ibiden Co., Ltd.), 22 June, 1999 (22.06.99), entire description; drawings & EP 816065 A1 & WO 97/25203 A1 & JP 8-28246 A	1-42
A	US 4953627 A (NGK Insulators Ltd.), 04 September, 1990 (04.09.90), entire description; drawings & EP 361883 A1 & JP 2-93297 A	1-42
A	JP 3-121213 A (Ibiden Co., Ltd.), 23 May, 1991 (23.05.91), Claims; page 2, upper right column, line 14 to page 3, lower right column, line 1 (Family: none)	1-42
A	JP 3-65306 A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 20 March, 1991 (20.03.91), Claims; page 2, lower left column, line 5 to page 4, upper left column, line 9 (Family: none)	1-42
A	JP 4-130069 A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 01 May, 1992 (01.05.92), Claims; page 1, right column, line 5 to page 2, lower left column, line 7 (Family: none)	1-42

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)